МАССОВАЯ
РАДИО-
БИБЛИОТЕКА

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

МОДЕЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ПО РАДИО



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ

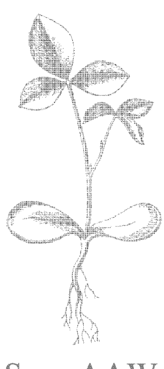
Типы элементов и батарей	Наименование и назначение батарей и элементов	Число элементов в батарее	Электрические характеристики					Сроки хранения (в месяцах)	Емкость в конце хранения, *ач*
			начальная э. д. с., *в*	начальное напряжение, *в*	номинальный разрядный ток, *ма*	начальная емкость, *ач*	напряжение в конце разряда, *в*		
БАС-80-У-1		60	104	102	10	1,05	60	15	0,7
БАС-80-Х-1 (ГАФ)		60	104	102	10	1,05	60	15	0,7
БАС-80-Л-0,9 (РУФ)	Анодная сухая батарея	60	94	92	10	0,85	60	10	0.65
БАС-60-Х-0,5 (ГАФ)		40	70	68	10	0,5	40	10	0,3
БАС-60-У-0,5		40	70	68	10	0,5	40	10	0,3
БАС-Г-60-Х-11,3 (ГАФ)		42	74	71	15	1.3	40	12	0,95
БС-70		50	75	73	20	7,0	35	10	4,90
Б2С-45		35	47	45	20	8,0	25	10	6,0
БСМВД-45	Сухая анодная батарея с марганцево-воздушной деполяризацией .	36	50	48	20	10,0	30	8	8,0
3С МВД	Сухие элементы с марганцево-воздушной деполяризацией для накала нитей ламп . . .	1	1,4	1,35	60	60	0,7	9	23
6С МВД		1	1,4	1,30	150	150	0,7	9	110
БНС-МВД-500		4	1,40	1,30	500	500	0,8	9	—

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 130

С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ

МОДЕЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ПО РАДИО





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

Брошюра предназначена для радиолюбителей, интересующихся техникой управления машинами и механизмами на расстоянии, по радио. В ней дается описание самодельной аппаратуры телеуправления, отличающейся малыми размерами, дешевизной, простотой конструкции и надежностью в работе.

Описываемая самодельная аппаратура была изготовлена и проверена на действующих моделях, управляемых по радио.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *А. А. Жигарев.* Техн. редактор *С. Н. Бабочкин*

Сдано в набор 26/VII 1951 г. Подписано к печати 30/XI 1951 г.
Бумага $82\times108^1/_{32}$= $1^3/_8$ бумажн. — 4,51 п. л. Уч.-изд. л. 5
Т-10102. Тираж 25 000. Зак. 1271

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Родиной радио является Россия, а его изобретателем знаменитый ученый Александр Степанович Попов.

Немногим более 50 лет прошло с того дня, когда А. С. Попов передал в Петербурге первую в мире радиотелеграмму. Через 10—15 лет после смерти Попова (он умер в 1906 г.) радиоволны были применены для передачи не только телеграфных сигналов, но речи и музыки, а в настоящее время они применяются в самых разнообразных областях народного хозяйства.

Одним из интереснейших применений радио является управление механизмами на расстоянии. Область техники, занимающаяся этим вопросом, называется радиотелемеханикой.

В капиталистических странах радиотелемеханика находит применение в военном деле. У нас в СССР ученые и инженеры под руководством партии и великого Сталина работают в области телемеханики с благородной целью освобождения людей от тяжелого физического труда, для различных научных исследований, для изучения стратосферы, космических пространств и т. п.

С развитием телемеханики для радиолюбителей открылась возможность испробовать свои творческие силы в создании моделей, управляемых по радио. Заманчиво и интересно своими руками построить движущуюся модель корабля, автомашины или самолета. Еще более интересно управлять движениями и действиями построенной модели на расстоянии, при помощи радио. В последние годы радиолюбители увлекаются постройкой радиоуправляемых моделей. Многие

из них разработали интересные и оригинальные модели. В целеустремленном творческом труде, в настойчивом стремлении преодолевать трудности вырабатываются воля и характер будущего изобретателя и новатора техники, рождается жажда к техническим знаниям. Труд и искания радиолюбителей проникнуты духом горячего советского патриотизма и желания принести пользу своему народу, своей великой Родине.

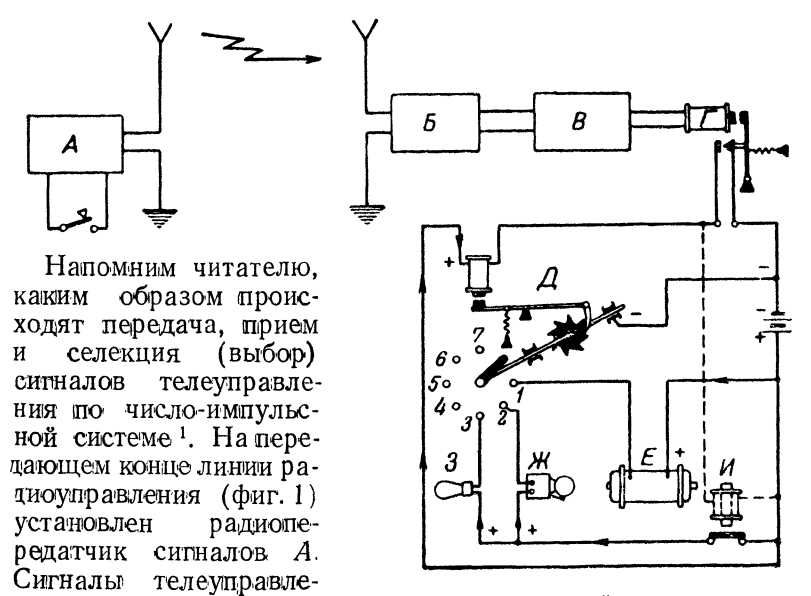
Эта книга знакомит читателя с аппаратурой для моделей, управляемых на расстоянии, по радио.

В основу разработки самодельной аппаратуры положены схемы телеуправления с число-импульсным распределением. Конструкция аппаратуры телеуправления была испытана и проверена автором при участии радиолюбителей-моделистов С. Башкина, Н. Митина и др., изготовивших радиолинии.

С. Клементьев

СХЕМА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

Наиболее простой и доступной для самостоятельного изготовления является аппаратура телеуправления, основанная на принципе число-импульсного распределения. Именно такого типа аппаратура обычно и строится радиолюбителями.



Фиг. 1. Простейшая схема телеуправления.

Напомним читателю, каким образом происходят передача, прием и селекция (выбор) сигналов телеуправления по число-импульсной системе [1]. На передающем конце линии радиоуправления (фиг. 1) установлен радиопередатчик сигналов *А*. Сигналы телеуправления передаются посредством телеграфного ключа, вращением диска номеронабирателя или путем нажатия кнопок на пульте управления.

Радиоприемное устройство состоит из приемной антенны и приемника сигналов телеуправления *Б*.

---

[1] Подробно о системах телеуправления см. книгу В. Н. Логинова „Радиотелеуправление", Госэнергоиздат, 1950.

Включенное на выход радиоприемника (непосредственно или через усилитель *В*) чувствительное электромагнитное реле *Г* (называемое приемным, входным или первичным) притягивает свой якорь каждый раз, как только антенна приемника уловит радиосигнал передатчика. Контакты реле *Г* замыкают цепь электромагнита шагового распределителя *Д*, который включает те или иные исполнительные цепи, в зависимости от числа переданных по радио импульсов.

Шаговый распределитель *Д* состоит из электромагнита с якорем, на котором укреплена изогнутая пластинка, называемая собачкой. Собачка заходит своим концом в одну из впадин зубчатого колеса. Это колесо с косыми зубьями (храповик) укреплено на тонкой стальной оси, на которой сидит пружинящая бронзовая щетка (контактная щетка). Когда в катушку электромагнита включается ток, его сердечник намагничивается и притягивает якорь, который, преодолевая действие пружины, поворачивается вокруг своей оси. Вместе с якорем поворачивается и укрепленная на нем собачка. Собачка своим концом нажимает на зуб храповика. От каждого нажима собачки храповик поворачивается на один зубец. Вместе с храповиком передвигается и контактная щетка, замыкающая электрическую цепь. При каждом радиосигнале щетка переходит с одного контакта на другой, соседний, делая один шаг по контактному полю.

По окончании импульса (сигнала) электромагнит перестанет притягивать якорь. Тогда последний под действием пружины немедленно возвратится на старое место и потянет при этом за собой собачку. Собачка западет во впадину храпового колеса и при следующем импульсе вновь повернет его на один зубец. Сколько будет импульсов, столько раз и притянется якорь распределителя. При этом с каждым сигналом щетка переходит на следующий, соседний, контакт.

При одном импульсе тока (при одном нажатии ключа передатчика) щетка передвинется с нулевого на первый контакт и включит одну цепь исполнения, например небольшой электродвигатель *Е*. При двух сигналах она перейдет на второй контакт и включит другую цепь исполнения — электрический звонок *Ж*, при трех — сигнальную электрическую лампу *З* и т. д. Обойдя последовательно все электрические контакты, щетка вернется на нулевой контакт. Таким образом, применив шаговый распределитель, мы получили возможность включать исполнительные цепи по очереди, одну за другой.

Но рассмотренная нами схема еще не дает возможности включать ту или иную исполнительную цепь в любой последовательности. Предположим, что нам нужно включить только сигнальную лампу, а электрический звонок и электродвигатель включать не нужно. Лампа присоединена к третьему контакту исполнительной цепи распределителя. Даем по радио три сигнала, нажимая на ключ передатчика три раза. При первом сигнале щетка распределителя перейдет на контакт, соединенный с электродвигателем, при втором — на контакт, соединенный с электрическим звонком, включит по очереди все эти устройства и, только перейдя на третий контакт, зажжет сигнальную лампу.

Как же избавиться от включения в момент передачи сигналов ненужных нам исполнительных цепей?

Для этого в схему надо добавить особый прибор, называемый реле времени. Идея устройства этого прибора очень проста. При получении радиосигнала реле времени *И* быстро разрывает цепь питания исполнительных механизмов, но обратно включает ее лишь через некоторое, сравнительно длительное, время (время отпускания якоря реле). Поэтому, хотя распределитель *Д* и срабатывает и его щетка скользит по контактам, но пока она (щетка) не дойдет до контакта, соответствующего передаваемому распоряжению, и не остановится на нем, т. е. до тех пор, пока не будет закончен выбор требуемой команды, цепи исполнительных механизмов не будут включены.

Предположим, что мы даем три коротких радиосигнала, троекратно нажимая на ключ передатчика. При этом три раза срабатывает первичное реле *Г* и замыкает свои контакты, включая ток в электромагнит шагового распределителя *Д* и в параллельно соединенное с ним реле времени *И* (см. провода, обозначенные на фиг. 1 пунктиром). Соответственно числу импульсов тока три раза срабатывает и электромагнит распределителя, притягивая, а затем отпуская свой якорь. Контактная щетка распределителя перейдет при этом с нулевого на третий контакт.

При каждом радиосигнале, одновременно с электромагнитом распределителя, срабатывает и реле времени, разрывающее цепь питания исполнительных механизмов. Так как реле времени после выключения тока медленно отпускает свой якорь, то исполнительная цепь замыкается не сразу. Она продолжает оставаться разомкнутой в течение всего времени выбора требуемой команды и лишь через некоторое

время (время отпускания якоря реле времени) после прекращения передачи радиосигналов вновь замыкается. Если мы быстро, один за другим, передадим несколько сигналов, и щетка сделает полный оборот, обойдя по очереди все электрические контакты, то ни одна цепь не будет замкнута и ни один исполнительный механизм не сработает. Реле времени будет держать главную электрическую цепь питания разомкнутой, пока передаются все восемь сигналов.

Итак, для радиоуправления моделью посредством число-импульсного распределения необходимы:

1) радиолиния, состоящая из передатчика сигналов телеуправления, приемного устройства и первичного реле;

2) шаговый распределитель;

3) реле времени, позволяющее осуществлять включение исполнительной цепи только после передачи команды;

4) различные исполнительные механизмы.

Кроме того, каждая телеуправляемая модель должна иметь источники энергии (сухие батареи или аккумуляторы), электрический двигатель, приводящий модель в движение, органы управления, например устройство рулевого управления.

Аппаратуру радиоуправления можно монтировать на любой движущейся модели—на корабле, дрезине, электровозе, комбайне, трамвае, автомобиле, броневике, глиссере, дирижабле, подводной лодке, катере или самолете. Приемник сигналов телеуправления, распределитель и реле времени во всех этих моделях остаются без изменения. Исполнительные же механизмы, в зависимости от выбранной модели, будут различными.

В модели корабля двигатель приводит во вращение гребной винт, в модели автомобиля — ведущие колеса, в модели самолета — воздушный винт (пропеллер).

Различны, в зависимости от примененной модели, будут и другие механизмы: рулевое управление на корабле, поворотное устройство на автомобиле и т. д.

В модели корабля хорошо установить механизм подъема и спуска якоря или флага. В модели самолета можно применить механизм, вводящий самолет в пике или автоматически заставляющий его итти на бреющем полете. Сигнальные электрические лампочки на мачтах корабля и бортовые огни самолета очень красиво будут выглядеть в сумерки или в темноте. У автомобиля можно включать и выключать фары. На корабле можно устроить еще ряд интересных ме-

ханизмов, например механизм, который по радиосигналу с берега будет создавать дымовую завесу.

Как самому сделать некоторые из этих исполнительных механизмов, будет рассказано ниже. Ряд исполнительных механизмов можно придумать и самому (автоматический запуск фейерверка, сирена, гудки и т. д.).

ДИАПАЗОНЫ ВОЛН

Управление на расстоянии по радио принципиально может осуществляться на волнах любого диапазона. Однако практически наиболее пригодным для управления движущимися механизмами, а особенно моделями, является аппаратура коротковолнового и ультракоротковолнового диапазонов.

Министерством связи СССР разрешено использование двух любительских диапазонов для передатчиков телеуправления моделями. В коротковолновом диапазоне радиолюбителям отведены волны длиной от 174,9 до 150 *м* (частоты от 1 715 до 2 000 *кгц*). В ультракоротковолновом диапазоне радиолюбителям разрешается пользоваться волнами длиной от 3,53 до 3,45 *м* (частоты от 85 до 87 *мггц*). Только на эти волны и следует изготовлять и настраивать радиолинии самодельных установок телеуправления. При этом не рекомендуется строить искровые передатчики, так как они во время работы создают значительные помехи радиоприему в широком диапазоне частот.

Радиолюбитель может по своему усмотрению выбрать любую радиолинию, обеспечивающую надежную связь на волнах разрешенного диапазона. Однако прежде чем приступить к изготовлению передатчика сигналов телеуправления, нужно обратиться в местный радиоклуб с просьбой ходатайствовать перед областным управлением Министерства связи о выдаче разрешения на постройку передатчика. Приступить к постройке передатчика можно только после того, как будет получено соответствующее разрешение от Министерства связи.

Какой же диапазон волн лучше выбрать для моделей, управляемых по радио, — коротковолновый или ультракоротковолновый? Решение этого вопроса зависит от дальности передачи сигналов телеуправления, на которую рассчитывается модель.

Известно, что короткие радиоволны (диапазон от 1 715 до 2 000 *кгц*) распространяются на большое расстояние, и поэтому управление моделями на этих волнах возможно за пределами прямой видимости. Ультракороткие волны распространяются прямолинейно, подобно лучам света, поэтому и управление на этих волнах возможно лишь в пределах прямой видимости.

Радиолюбители чаще всего интересуются моделями, управляемыми на расстоянии именно в пределах прямой видимости (т. е. до 10 *км*), и поэтому им следует рекомендовать ультракоротковолновый диапазон (от 85 до 87 *мггц*).

Длина волны, генерируемая передатчиком, зависит от индуктивности и емкости колебательного контура и определяется формулой

$$\lambda = 1{,}88\sqrt{LC}.$$

В этой формуле длина волны λ выражена в метрах (*м*), индуктивность L в микрогенри (*мкгн*) и емкость C в микромикрофарадах (*мкмкф*).

Из формулы видно, что чем короче волна, тем меньше должны быть индуктивность и емкость колебательного контура. При этом могут быть уменьшены размеры колебательного контура, что для движущихся, управляемых на расстоянии моделей имеет большое значение. Радиоуправляемая модель обычно бывает сильно перегружена громоздкими источниками питания и исполнительными механизмами (анодные батареи типа БАС, аккумуляторы, электродвигатели, реле, электромагниты и т. п.). Поэтому нужно добиваться всемерного уменьшения веса и размеров приемников сигналов телеуправления, устанавливаемых на моделях. В этом отношении использование ультракоротких волн является по сравнению с коротковолновым диапазоном более удобным.

РАДИОПЕРЕДАТЧИКИ СИГНАЛОВ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

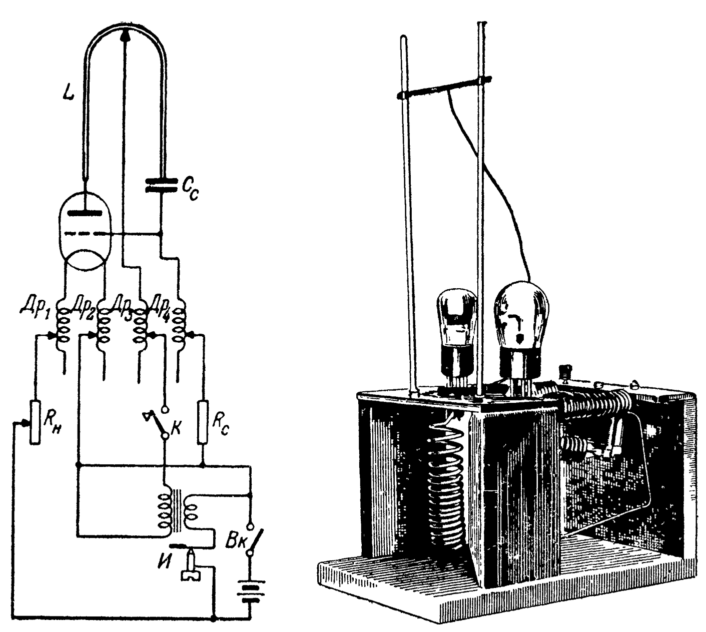
1-й тип радиопередатчика

На фиг. 2 показана принципиальная схема, а на фиг. 3 дан общий вид самодельного генератора ультракоротких волн для передатчика сигналов телеуправления.

Колебательный контур этого генератора состоит в основном из индуктивности L (неполный виток провода или мед-

ной трубки диаметром 2—4 *мм*) и внутренней емкости лампы.

Виток L укреплен на панели из изолирующего материала размером 180 × 90 × 7 *мм* (фиг. 4,*а*). Он имеет подковообразную форму, длиной около 100 *мм* и шириной 50 — 60 *мм*. Соединение витка L с источником питания осуществлено с помощью гибкого провода и ползунка, который может передвигаться по витку. Для того чтобы ползунок было удобно передвигать по проводу или трубке витка, последнему придают плавный изгиб. Ползунок закрепляется на витке при помощи зажимного винта.



Фиг. 2. Принципиальная схема передатчика (1-й тип).

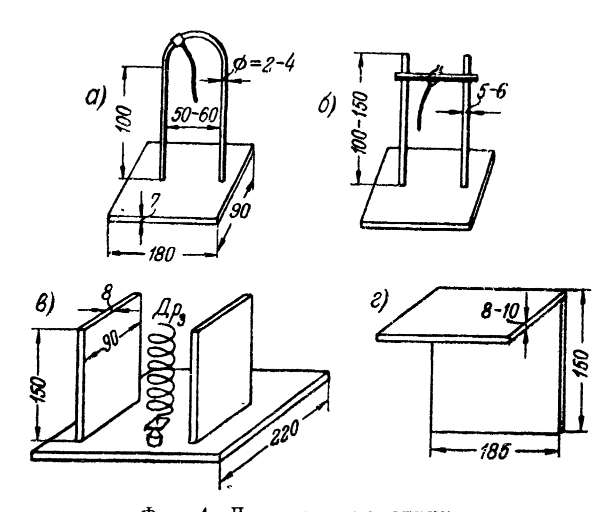
Фиг. 3. Внешний вид передатчика (1-й тип).

Подковообразный виток можно заменить двумя медными стержнями диаметром 5—6 *мм* и длиной 100—150 *мм* (фиг. 4,*б*). Эти стержни соединяются медной перемычкой (стержень или трубка диаметром 5—6 *мм*) с хомутиками и зажимными винтами. Передвигая перемычку вдоль стержней, можно менять индуктивность колебательного контура,

а следовательно, и длину волны передатчика в довольно широких пределах.

Панель с витком укреплена на двух вертикальных изоляционных стойках (размерами 150 × 90 × 8 *мм*), врезанных в массивное основание (фиг. 4,*в*). Материал для стоек и основания берется такой же, как и для панели.

На основании передатчика укрепляют зажимы для подводки питания и устанавливают ролик. Под головку шурупа, крепящего ролик к основанию, подкладывают изоляционную



Фиг. 4. Детали передатчика.

а—панель с витком *L*; *б*—панель со стержнями (вместо витка *1*); *в*—основание с вертикальными стойками и дросселем *Др*$_3$; *г*—вертикальная стойка.

пластинку размером 35 × 15 × 3 *мм*. К ней должен крепиться нижний конец дросселя *Др*$_3$. Другой конец этого дросселя укрепляют на верхней панели под гайку винта.

Дроссели нужно изготовить из голого медного провода (желательно посеребренного) диаметром 1,5 *мм*, при диаметре витка дросселя 20—30 *мм*. Применение более тонкого провода нежелательно, так как при этом уменьшается их механическая прочность. Дроссели лучше делать бескаркасными. Каждый из них должен иметь по 10—15 витков с расстояниями между соседними витками около 3 *мм*. Посредством щипков можно менять индуктивность дросселей и, тем самым, производить регулирование передатчика.

Дроссели в цепи накала и сетки укрепляются горизонтально, причем дроссели $Др_1$ и $Др_2$ располагаются рядом, дроссель $Др_4$ — под ними. Для крепления этих дросселей следует сделать еще одну вертикальную стойку из изолирующего материала (фиг. 4,*г*). Наверху стойки привинчивают небольшую планочку, к которой и будут крепиться дроссели и сопротивление R_c. Последнее должно иметь величину в несколько десятков тысяч *ом*. Наивыгоднейшую величину сопротивления следует подобрать практически.

Реостат $R_н$ для регулирования накала лампы передатчика монтируют отдельно. Рядом с витком контура устанавливают панельку для лампы.

Конденсатор C_c собран из трех пластинок размером 20 × 30 *мм* с зазором 1 *мм* между ними и укреплен на основании передатчика. Можно применить также готовый трубчатый керамический конденсатор емкостью от 40 до 250 *мкмкф*. Конденсатор с бумажным диэлектриком (из парафинированной бумаги) применять не рекомендуется.

Из батарейных ламп для радиопередатчика можно применить лампы УБ-240 или СО-257. Для питания анода лампы радиопередатчика применяется батарея типа БАС-80, а для питания накала — сухие элементы, соединенные параллельно батарейки для карманного фонарика или аккумулятор.

Передатчик можно также полностью питать от сети переменного тока через выпрямитель, дающий постоянное анодное напряжение 250—300 *в* при токе 70—90 *ма*. При питании от сети применимы лампы типов 6Ф6, 6П3 и 6С5. У лучевых ламп и у пентодов экранирующую сетку можно соединить непосредственно с анодом. В выпрямителе может быть применен кенотрон 5Ц4С.

Для питания анодной цепи передвижного радиопередатчика можно применять также вибропреобразователь (например, употребляемый для питания радиоприемника автомашины). Вибропреобразователь можно заменить обычной индукционной катушкой с молоточковым прерывателем. Индукционная катушка *И* (фиг. 2) будет давать не только напряжение требуемой величины для питания анодов ламп, но и одновременно модулировать несущую волну радиопередатчика.

Простое модуляторное устройство может быть также получено из комбинации трансформатора с пищиком. В качестве трансформатора для модуляторного устройства можно применить обычный междуламповый трансформатор с чи-

слом витков вторичной обмотки порядка 15 000. Первичная обмотка этого трансформатора в схему не включается. Поверх вторичной обмотки необходимо намотать 200—250 витков изолированной проволоки диаметром 0,2—0,3 *мм*. Эта новая обмотка и включается в цепь последовательно с модулятором-пищиком.

Сделать самому довольно простой и компактный пищик (фиг. 5) нетрудно. Ярмо электромагнита вырезается из четырех полосок *2* мягкой миллиметровой стали. В каждой полоске делаются отверстия. Отверстие *А* служит для укрепления регулировочного винта, вырез *Б* — для пружинки якоря, в отверстие *В* впаивается гаечка с резьбой и, наконец, в отверстие *Г* входит болтик, которым укрепляется пружинка якоря. В отверстие *Д* вклепывается сердечник. Почти все остальные отверстия нужны для скрепления ярма при помощи заклепок. Четыре маленьких отверстия вокруг отверстия *Д* служат для пропускания шурупов, крепящих ярмо на деревянном основании.

Для изготовления сердечника *3* берется кусок мягкого стального прута толщиной 9—10 *мм*. Этот кусок отжигается в печке и от него отрезают кусочек длиной 39—40 *мм*, который с одного конца запиливается так, чтобы сердечник без плечиков имел длину 32—33 *мм*. На сердечник надевается картонная катушка с обмоткой из 1 000 витков проволоки ПЭЛШО (или другой, с хорошей изоляцией) диаметром 0,3 *мм*.

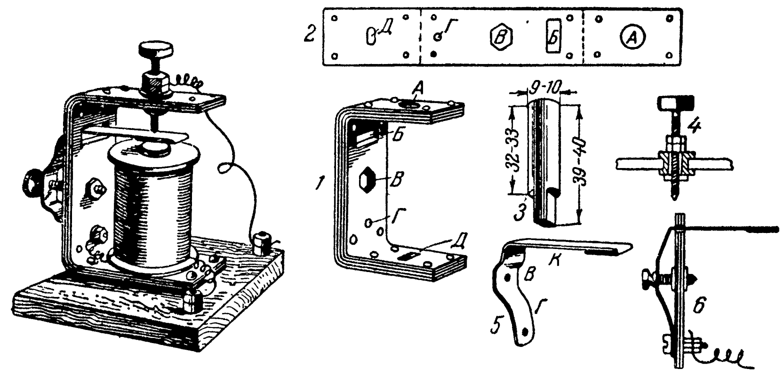
Для крепления регулировочного винта *4* можно применить штепсельное гнездо и припаять к нему гайку, в которую будет ввертываться регулировочный винт. Гнездо укрепляется в отверстии *А* ярма *1* на изолирующих шайбах, чтобы избежать соединения регулировочного винта (прерывателя) с массой ярма. Под гайку гнезда поджимается провод, идущий к батарее.

Якорь *5* делается из тонкой стальной пружинки. Конец якоря *К* отжигается и изгибается так, как это показано на фиг. 5. В отверстие *В* проходит винт, регулирующий нажим пружинки, а отверстие *Г* нужно для привинчивания пружинки к ярму электромагнита.

После изготовления всех частей пищика можно приступить к его сборке. Сердечник с надетой катушкой наглухо вклепывается в отверстие *Д*. Пружинка крепится болтиком *6*, под который поджимается конец обмотки катушки. Сверху ярма крепится регулировочный винт. Нижней частью ярмо

привинчивается к деревянному основанию, на котором устанавливаются два зажима. Питание (батарея накала) подводится к началу катушки и к регулировочному винту-прерывателю.

Следует однако иметь в виду, что искра прерывателя может создать вредные помехи. Поэтому пищик необходимо тщательно заэкранировать, поместив его в кожух из магнитного материала, например из мягкой листовой стали. Кроме того, для уменьшения искрообразования параллельно контактам прерывателя следует присоединить конденсатор емкостью в несколько тысяч микромикрофарад.



Фиг. 5. Внешний вид и детали пищика.

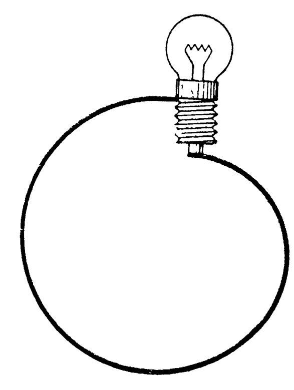
Определение генерации. Изготовленный УКВ радиопередатчик необходимо проверить, т. е. выяснить, генерирует ли он незатухающие колебания необходимой длины волны.

Установите щипки дросселей накала $Др_1$ и $Др_2$ на крайние витки, щипки анодного $Др_3$ и сеточного $Др_4$ дросселей — примерно на середину. Щипок провода, по которому подается питание в колебательный контур, установите ближе к стержню, присоединенному к конденсатору сетки лампы.

Для обнаружения колебаний генератора удобно воспользоваться лампочкой от карманного фонаря. Из кусочка медного провода (не очень тонкого) сгибается виток диаметром 50—60 *мм* (фиг. 6), и к его концам припаивается лампочка. Если в контуре генератора возникают колебания, то при приближении витка с лампочкой к контуру генератора лампочка светится.

Для того чтобы подобрать режим работы, при котором в УКВ генераторе получаются наиболее интенсивные коле-

бания, необходимо виток с лампочкой установить неподвижно и, изменяя положение щипков на перекладине колебательного контура (или на подковообразном полувитке) и на дросселях, добиться наиболее яркого свечения лампочки. Регулировку режима работы генератора желательно производить, пользуясь одновременно витком с лампочкой и миллиамперметром, включенным в анодную цепь радиолампы. Располагая этими двумя индикаторами, перемещают щипки колебательного контура и дросселей. Когда найдется такое положение щипков, при котором лампочка горит наиболее ярко, а анодный ток минимален, щипки можно припаять в этом положении к виткам. При такой регулировке достигаются одновременно и максимум мощности в колебательном контуре, и наиболее высокая для данной мощности отдача.



Фиг. 6. Виток с лампочкой (индикатор).

Если при регулировке лампочка совсем не загорится или же горит очень тускло, то это означает, что мощность колебаний УКВ генератора недостаточна. Следует проверить, правильно ли включены сеточный и анодный дроссели, не потеряла ли лампа эмиссию или, может быть, недостаточен накал. Можно попробовать изменить число витков дросселей.

Длина волны УКВ генератора регулируется посредством передвижения горизонтальной перекладины по вертикальным стержням или перемещением ползунка по подковообразному полувитку.

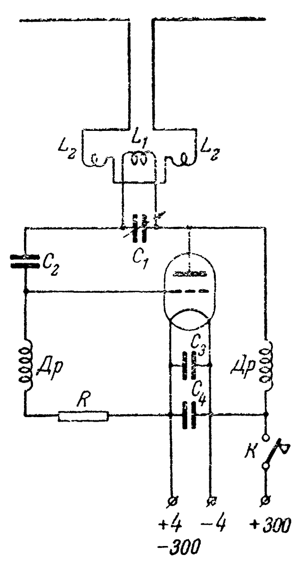
2-й тип радиопередатчика

Принципиальная схема УКВ радиопередатчика, разработанная, изготовленная и испытанная радиомоделистом Н. Н. Митиным, изображена на фиг. 7. Конструктивно этот передатчик удобнее и проще предыдущего.

Детали передатчика монтируются на эбонитовом основании толщиной 10 *мм*. Размеры основания 80 × 95 *мм* (фиг. 8). На основании укрепляются симметрично две круглые эбонитовые стойки высотой 50 *мм*. Эти стойки выполняют две функции. Во-первых, на них укрепляется эбонито-

вая пластинка с ламповой панелькой, а во-вторых, они играют роль каркасов для дросселей *Др* (схема на фиг. 7). Диаметр этих стоек должен быть около 10 *мм* и на них следует намотать по 80—85 витков проволоки, причем несколько витков (6—8) на длине 15 *мм* наматываются с большим шагом (верхняя часть стоек), а затем идет намотка виток к витку в один ряд. Для обмотки следует взять проволоку марки ПЭШО или ПШД диаметром 0,3 *мм*.

При монтаже УКВ аппаратуры необходимо обращать особое внимание на взаимное расположение деталей, в частности дросселей. Вообще говоря, дроссели должны быть расположены возможно дальше друг от друга и от других проводов и обязательно под прямым углом к оси катушки колебательного контура. Все соединительные провода должны быть по возможности короткими.



Фиг. 7. Принципиальная схема передатчика (2-й тип).

В рассматриваемой конструкции УКВ передатчика все эти требования учтены. Дроссели находятся друг от друга на расстоянии 8 *см*. Стойки (дроссели) укрепляются к основанию винтами, сверху же к ним привинчивается, как было выше указано, эбонитовая пластинка с ламповой панелькой. Размеры пластинки 65 × 50 × 3 *мм*.

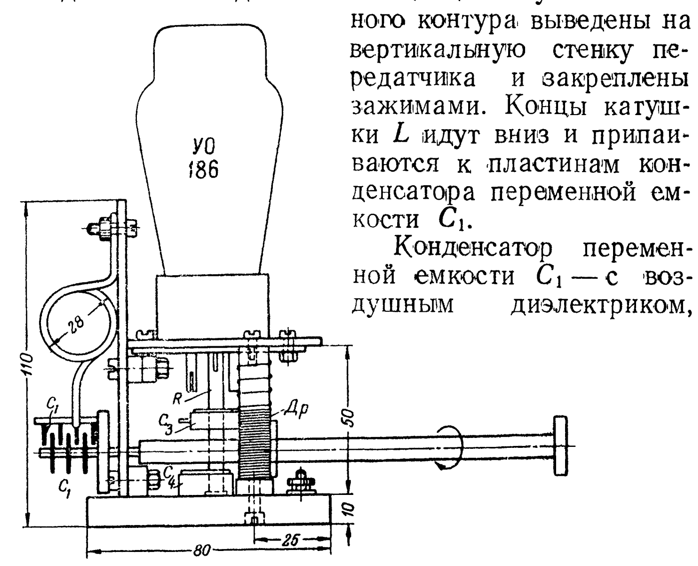
На фиг. 8 слева видно, что пластинка с ламповой панелькой привинчивается еще одним винтом к текстолитовой планке. Эта планка (10 × 10 × 50 *мм*), в свою очередь, привинчивается к вертикальной стенке передатчика, на которой крепятся катушка L_1 и конденсатор C_1 колебательного контура, а также катушки антенной связи.

Размеры вертикальной стенки передатчика 110 × 50 × 3 *мм*, материал — эбонит, гетинакс или текстолит. Конденсатор колебательного контура имеет длинную ручку настройки (150—160 *мм*). На основании передатчика, под ручкой настройки, находится конденсатор постоянной емкости C_4, а выше ручки — конденсатор C_3. Сопротивление R установ-

лено вертикально, параллельно дросселю *Др*. Конденсатор C_2 на фиг. 8 не виден, так как он находится за конденсатором C_1.

Катушка колебательного контура L_1 состоит из 5 витков голого медного провода диаметром 3 *мм*. Наружный диаметр катушки колебательного контура 28—30 *мм*. Расстояние между витками 2—3 *мм*. Катушки антенной связи L_2, расположенные с обеих сторон катушки колебательного контура, имеют по одному витку (голого медного провода диаметром 3 *мм*) и соединены последовательно. Концы катушек антенного контура выведены на вертикальную стенку передатчика и закреплены зажимами. Концы катушки L идут вниз и припаиваются к пластинам конденсатора переменной емкости C_1.

Конденсатор переменной емкости C_1 — с воздушным диэлектриком,



Фиг. 8. Конструкция передатчика.

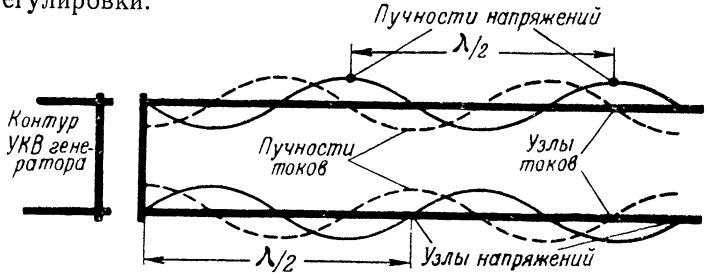
емкость его 3—15 *мкмкф*. Разделительный конденсатор C_2 имеет емкость 50—100 *мкмкф*. Конденсаторы C_3 и C_4, блокирующие цепь накала лампы и анодную батарею от токов высокой частоты, имеют емкость от 5 000 до 10 000 *мкмкф*. Сопротивление R утечки сетки порядка 20 000 *ом* на 5 *вт*.

Питание радиопередатчика осуществляется от двух батарей. Батарея накала должна обеспечивать ток не менее 1,0 *а*. Ее удобно собрать из элементов типа ВД или небольших аккумуляторов. Анодная батарея должна иметь напряжение 250—300 *в*. Ее удобно заменить аккумулятором с вибропре-

образователем. От этого же аккумулятора можно будет питать и цепи накала ламп. В случае применения модулированных колебаний можно, как и в предыдущем варианте, питать анодную цепь лампы генератора от вторичной обмотки индукционной катушки.

Общие размеры радиопередатчика (без источников питания) 200 × 100 × 100 *мм*.

Работа этого УКВ передатчика, как показали опыты, вполне надежна и устойчива. Собранный радиопередатчик обычно генерирует сразу, без какой-либо сложной наладки и регулировки.



Фиг. 9. Двухпроводная измерительная линия.

При опробовании УКВ генератора сначала нужно включить батарею накала, и когда нить радиолампы прогреется, присоединить анодное питание. Индикаторной неоновой или от карманного фонарика лампочкой проверяется наличие генерации. Лампочка должна светиться при всех положениях подвижных пластин конденсатора. Это значит, что провалов генерации нет, и передатчик работает на всем диапазоне настройки.

Измерение длины волны радиопередатчика. Для измерения длины волны генератора можно использовать двухпроводную линию. Двухпроводная линия состоит из двух параллельно расположенных голых медных проводов диаметром 1—2 *мм*, натянутых на расстоянии 20—30 *мм* друг от друга и изолированных в местах крепления фарфоровыми, эбонитовыми или другими хорошими изоляторами. С одного конца провода замкнуты накоротко (фиг. 9), а с другого — разомкнуты. Кусок проволоки, замыкающей провода двухпроводной линии, индуктивно связывают с контуром работающего УКВ генератора.

При работе генератора в проводах линии возникают электромагнитные волны, которые бегут к разомкнутым концам

проволоки и, отражаясь от них, возвращаются обратно. Прямые и отраженные электромагнитные волны, возбуждаемые в двухпроводной линии, взаимодействуют друг с другом и образуют так называемую стоячую волну. Стоячие волны характерны тем, что они приводят к неравномерному распределению тока и напряжения в проводах двухпроводной линии. При определенной длине проводов в одних участках линии напряжение равно нулю (узел напряжения), в других — напряжение наибольшее (пучность напряжения). В том месте провода, где напряжение равно нулю (узел напряжения), ток наибольший, а там, где ток равен нулю, наоборот, напряжение имеет наибольшее значение. Пучность и узлы тока (и напряжения) не меняют своего положения с течением времени (в том случае, если частота генератора остается постоянной). Существует три способа измерения длины волны УКВ генератора с помощью двухпроводной линии.

Первый способ состоит в том, что к выводам (цоколю) низковольтной лампочки накаливания припаивают два прямолинейных отрезка провода. Полученный мостик кладут на провода двухпроводной линии и передвигают его по ним. В пучностях тока нить лампочки будет ярко накаливаться, а в узлах тока — гаснуть. Расстояние между двумя пучностями тока, местоположение которых определяется по наиболее яркому свечению лампочки, будет равно половине длины волны генератора. Это расстояние легко измерить обычной линейкой с делениями. Желательно сделать несколько таких измерений между различными пучностями и, сложив полученный результат, разделить его на число измерений. Получится среднее арифметическое значение длины волны УКВ генератора, которое будет более точным, чем при одном измерении.

Второй способ измерения длины волны помощью двухпроводной линии состоит в измерении расстояния между пучностями напряжений. Но в этом случае вместо электрической лампочки накаливания необходимо применить неоновую лампочку.

Если мощность УКВ генератора невелика, то может оказаться, что ни лампочка от карманного фонарика, ни неоновая лампочка гореть не будут. В этом случае можно применить третий способ измерения длины волны генератора. В цепь сетки радиолампы УКВ генератора включается чувствительный миллиамперметр. На провода двухпроводной

линии помещают кусочек голой медной проволоки или трубки и, перемещая его вдоль линии, наблюдают за показаниями миллиамперметра.

При положении мостика в пучности тока стрелка миллиамперметра упадет, показывая резкое уменьшение сеточного тока лампы. Это объясняется тем, что двухпроводная линия отбирает от УКВ генератора наибольшую мощность в том случае, когда мостик находится в пучности тока. Определив место пучностей тока по наименьшим показаниям миллиамперметра, линейкой измеряют длину волны генератора.

Расстояние между витком контура генератора и короткозамкнутым концом двухпроводной линии обычно берется от 20 до 50 *мм,* в зависимости от силы свечения лампочек (по 1-му и 2-му способам), или от показаний миллиамперметра (при 3-м способе измерения).

Если при производимых измерениях длины волны УКВ генератора окажется, что она больше или меньше требуемой, то передатчик нужно подвергнуть регулировке. Регулирование длины волны УКВ генератора, изготовленного по первому варианту, как уже было сказано, осуществляется путем передвижения ползунка по полувитку контура или перекладины по вертикальным стержням. Изменение длины волны УКВ генератора, изготовленного по второму варианту, производится путем поворота на тот или иной угол подвижных пластин конденсатора колебательного контура.

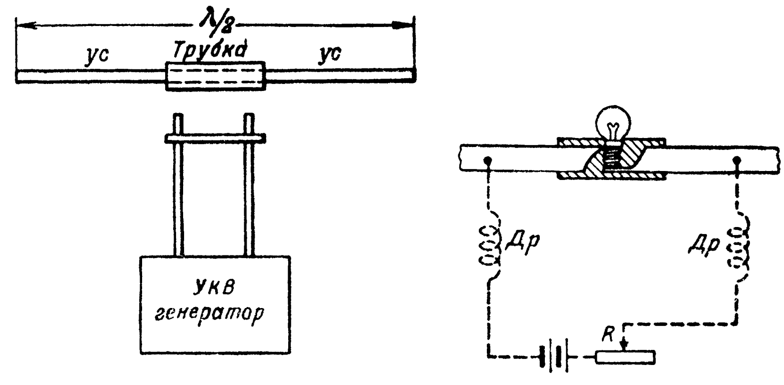
Передающие антенны

Назначение передающей антенны — излучать радиоволны. Энергию, поступающую из передатчика в антенну, последняя должна с минимальными потерями излучить в пространство в виде электромагнитных волн. При управлении моделями на расстоянии нескольких сот метров передатчики могут работать без антенны. При управлении же на расстоянии нескольких километров, например, при управлении по радио летающими моделями самолетов, к передатчику нужно сделать антенну. Простейшей антенной может служить металлический стержень, расположенный вблизи колебательного контура передатчика. Длина стержня должна быть приблизительно равна половине длины волны генератора.

Такая антенна носит название полуволнового вибратора. Настройка вибратора в резонанс с контуром передатчика производится изменением его длины. Для этого вибратор

делают составным (фиг. 10). Средняя его часть выполняется из медной трубки диаметром 0,5—1,0 *см*. В нее с обеих сторон плотно вдвигаются трубки меньшего диаметра — усы вибратора. Вдвигая или выдвигая усы из трубки, легко изменять собственную длину волны антенны.

Величину связи между вибратором и контуром генератора нужно выбрать практически. При слабой связи из контура в вибратор переходит мало энергии, при сильной — может произойти срыв колебаний генератора. Можно считать, что наивыгоднейшая связь получается при расстоянии



Фиг. 10. Простая передающая антенна (полуволновый вибратор).

Фиг. 11. Индикатор настройки антенны.

между вибратором и контуром передатчика в пределах от 20 до 40 *мм*.

Настройку в резонанс можно производить с помощью лампочки от карманного фонаря. Для включения лампочки вибратор необходимо разрезать посредине пополам (фиг. 11) и обе половинки заключить в трубку из изолирующего материала (например, эбонита).

При малых мощностях передатчика нить лампочки может накаливаться недостаточно. В этом случае ее можно дополнительно подогреть от батарейки для карманного фонаря до темнокрасного каления. Последовательно с батарейкой следует включить реостат накала с сопротивлением от 5 до 10 *ом* и два дросселя, которые не будут пропускать тока высокой частоты в цепь питания лампочки, пропуская ток только от батарейки. Сначала включают дополнительный

подогрев нити индикаторной лампочки, а затем питание передатчика.

Настройка заключается в изменении длины вибратора и его связи с колебательным контуром. При этом стремятся получать наиболее яркое свечение индикаторной лампочки, которое соответствует максимуму излучаемой мощности. При настройке необходимо отходить от передатчика на расстояние до полуметра, чтобы исключить влияние емкости своего тела.

Вибратор, настроенный в резонанс с ламповым генератором, отсасывает от колебательного контура генератора энергию, что вызывает уменьшение сеточного тока лампы. Это дает возможность применить косвенный метод настройки вибратора в резонанс с колебательным контуром генератора. Если в цепь сетки лампы УКВ передатчика включить миллиамперметр, то он покажет некоторое значение тока. Изменение длины вибратора приведет к спаданию тока, причем минимум тока соответствует настройке вибратора в резонанс. Дальнейшее изменение длины вибратора вновь вызывает повышение сеточного тока.

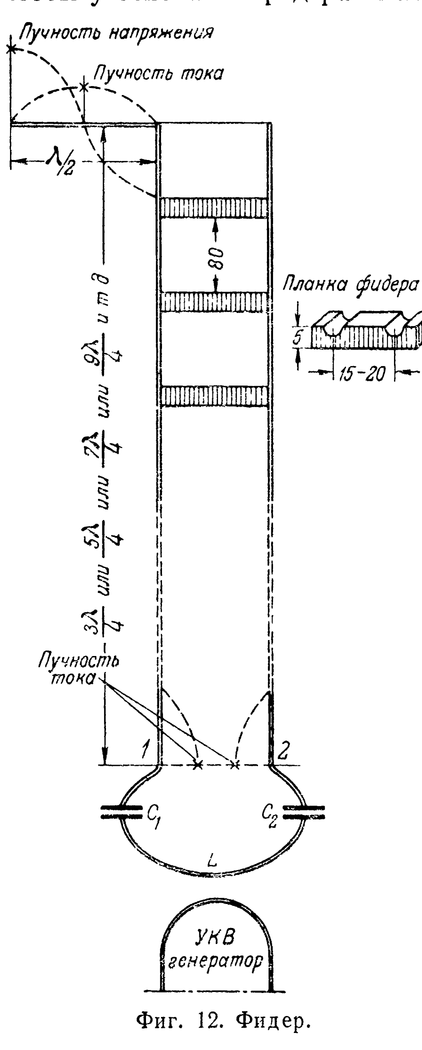
Излучающий вибратор лучше располагать горизонтально, так как при таком расположении емкости окружающих предметов и людей оказывают меньшее влияние. Кроме того, передача при горизонтальном расположении получается более направленной, чем при вертикальном.

Антенный фидер

Ультракороткие волны распространяются прямолинейно, подобно лучам света, и поэтому дальность действия УКВ передатчика сильно зависит от рельефа местности, а также от кривизны земной поверхности. Чем выше над уровнем земли расположен вибратор, тем на большее расстояние действует передатчик. Для передачи энергии от колебательного контура УКВ генератора в высоко поднятый излучающий вибратор пользуются так называемыми фидерами. Фидер— это система из двух параллельно натянутых проводов, передающих энергию с минимальными потерями (фиг. 12).

Чтобы фидер сам не излучал и доставлял энергию в антенну с наименьшими потерями, его провода располагают возможно ближе друг к другу. Провода фидера скрепляются между собой с помощью планок из изоляционного материала. Фидер должен быть такой длины, чтобы на нем уклады-

валось нечетное число четвертей волны. Это необходимо, чтобы у основания фидера была пучность тока. Если длина волны передатчика, например, равна 3,5 *м*, то излучающий диполь должен быть длиной 1,75 *м*, а длина фидера $3{,}5 \cdot {}^3/_4 = 2{,}525$ *м* или $3{,}5 \cdot {}^5/_4 = 4{,}375$ *м* и т. д.



Фиг. 12. Фидер.

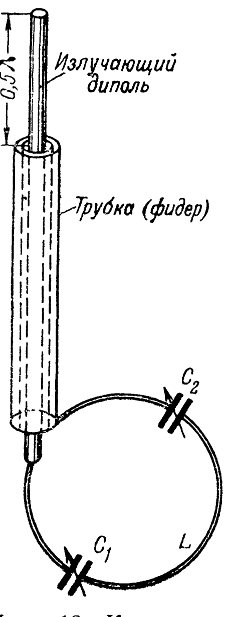
Фидер связывается с УКВ генератором посредством петли *L*, в цепь которой включены конденсаторы переменной емкости. Конденсаторов, для соблюдения условий симметрии, два. Их емкость в зависимости от величины индуктивности контура берется от 50 до 100 *мкмкф*. Конденсаторы служат для настройки фидера в резонанс с волной передатчика с целью получения у его основания пучности тока.

При настройке в резонанс цепи, состоящей из последовательно соединенных конденсаторов C_1 и C_2 (фиг. 12) и индуктивности (петля связи фидера), ее полное сопротивление равняется активному сопротивлению. Так как это сопротивление ничтожно мало, то точки *1* и *2* получаются как бы замкнутыми накоротко. Благодаря короткому замыканию этих точек у основания фидера и получается пучность тока.

Поскольку длину излучающего вибратора изменять трудно, то его размер берут точно равным половине длины волны

и настройку производят только конденсаторами фидера C_1 и C_2, не трогая самого вибратора.

Настройка всей системы в резонанс определяется по наиболее яркому свечению индикаторных лампочек, включенных в пучности тока. Настройка должна производиться обоими конденсаторами одновременно. Для этого их можно посадить на одну общую ось. В случае необходимости, одновременно с настройкой помощью конденсаторов C_1 и C_2, можно также менять связь между генератором и петлей фидера.



Фиг. 13. Коаксиальный фидер.

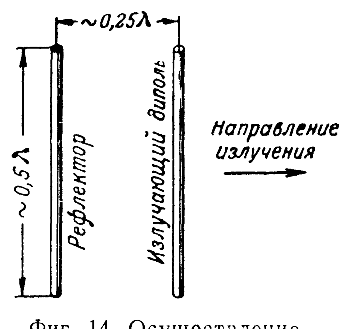
Фидер, состоящий из двух параллельно натянутых проводов, довольно капризен в работе. Если недостаточно точно выдержать взаимное расстояние между проводами или в каком-нибудь месте сделать изгиб под острым углом, то условия электрической симметрии фидера нарушаются. При этом поля проводов перестают уравновешивать друг друга, и фидер начинает излучать, вызывая бесполезные потери энергии.

В этом отношении безупречно ведет себя так называемый коаксиальный фидер. Такой фидер совершенно не излучает энергии в пространство. Один из проводов коаксиального фидера помещается внутри полой металлической (медной или латунной) трубки (фиг. 13), которая служит вторым проводом. Провод изолируется от трубки в нескольких местах слюдой или другим хорошим изолятором. В остальных местах по длине трубки изолятором будет являться воздух. Между трубкой и проводом включаются петля фидера L и конденсаторы C_1 и C_2.

Следует обратить внимание на то, что при трубчатом фидере ось провода должна точно совпадать с осью трубки, т. е. они должны быть расположены коаксиально. Трубка фидера служит хорошим экраном, не позволяющим электромагнитной энергии излучаться наружу. Поэтому коаксиальный фидер можно помещать около металлических предметов и даже укреплять его трубку без изоляторов, что совершенно недопустимо при применении в качестве фидера параллельных проводов.

Направленная передача телеуправления

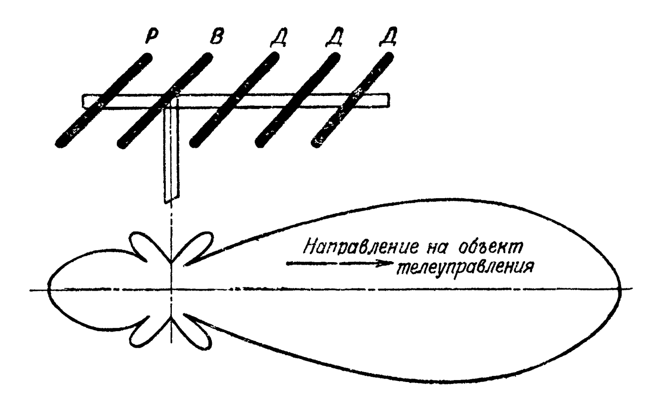
Для более надежной работы приемника и, следовательно, для более устойчивой работы телеуправляемых механизмов можно осуществить направленную передачу.



Фиг. 14. Осуществление направленной передачи.

Для осуществления направленности излучения позади антенны вибратора следует расположить рефлектор, отражающий электромагнитную энергию. Рефлектором может служить кусок толстой проволоки или трубки такой же длины, как и излучающий вибратор (т. е. равный половине длины волны), помещенный от последнего на расстоянии около 0,25 рабочей длины волны (фиг. 14).

Еще бо́льшую направленность излучения дают так называемые многодипольные антенны, находящие большое применение в технике радиолокации. На деревянной рейке (фиг. 15) параллельно излучающему



Фиг. 15. Многодипольная антенна и диаграмма ее излучения.

диполю (активному вибратору) *В* укрепляется не только рефлектор *Р*, но еще несколько металлических стержней *Д* длиной немногим меньше половины длины волны, удаленных друг от друга почти на четверть волны.

Каждый такой стержень называется директором. Директоры собирают излучаемые антенной волны в узкий луч.

От воздействия активного вибратора в каждом из директоров наводится ток высокой частоты, который образует свое собственное электромагнитное поле. Между полями директоров возникает взаимодействие (интерференция), в результате чего поток энергии концентрируется в пределах узкого луча, направленного от активного вибратора через все директоры вдоль рейки к объекту телеуправления. Чем больше число директоров, тем лучше направленность излучения.

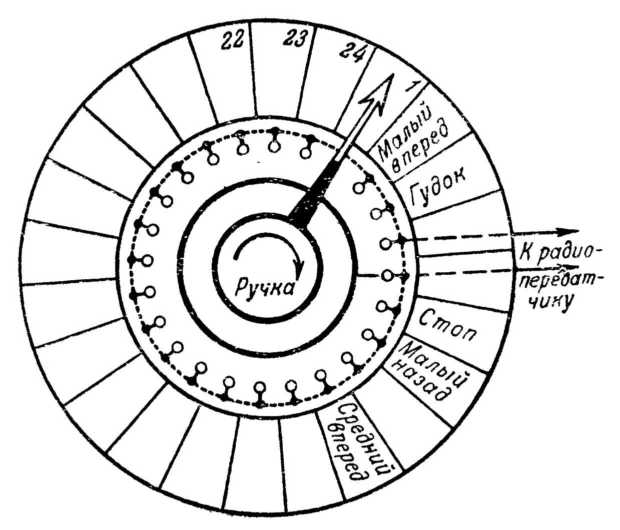
Для радиоуправления моделями можно ограничиться только тремя стержнями. Один стержень, присоединенный через фидер к УКВ генератору, является активным вибратором, второй — рефлектором, а третий, расположенный по другую сторону от вибратора, по требуемому направлению концентрации радиолуча — директором. Так, весьма простыми способами достигается значительное увеличение дальности передачи сигналов телеуправления.

Пульт управления

Для передачи сигналов телеуправления может быть использован обычный телеграфный ключ. Однако значительно удобнее и технически совершеннее использовать импульсный номеронабиратель от автоматического телефонного аппарата. Номеронабиратель дает возможность при однократном наборе передать от одного до десяти радиосигналов, отделенных друг от друга одинаковыми промежутками времени. При двукратном наборе номеронабиратель может передать до 20 сигналов, при трехкратном — 30 и т. д. Для передачи той или иной команды достаточно повернуть диск номеронабирателя на определенный угол и затем отпустить его. При этом спиральная пружина, помещенная внутри механизма номеронабирателя, возвращает его в исходное положение. Когда диск возвращается назад, вместе с ним вращается звездочка, сделанная из изолирующего материала. Эта звездочка размыкает пластинчатые контакты номеронабирателя, дающие в линию посылки тока одинаковой длительности. В конструкциях номеронабирателей последних выпусков звездочка заменена ползунком.

Длительность импульсов зависит от регулировки механизма номеронабирателя. В номеронабирателе контакты, посылающие импульсы, нормально (т. е. при отсутствии движения диска) замкнуты. Для передачи сигналов телеуправ-

ления, наоборот, необходимо, чтобы контакты были разомкнуты и давали серию замыканий лишь при обратном ходе диска номеронабирателя. Это легко осуществить, подпаяв к упору (в который упирается палец при наборе требуемого номера телефона) небольшой кусок толстой проволоки. Этот кусок проволоки нужно отогнуть настолько, чтобы диск номеронабирателя на 6—8 *мм* не доходил до упора, задерживаясь концом проволоки. Тогда один из зубцов звездочки номеронабирателя займет такое положение, при котором кон-



Фиг. 16. Ползунковый пульт управления.

такты посылки тока в линию будут нормально (в отсутствии радиопередачи сигналов) разомкнуты, а при передаче будут замыкаться.

Можно применить и другой способ передачи сигналов радиоуправления, дающий возможность как бы видеть на передающем устройстве положение, в котором находится щетка распределителя приемного устройства в любой момент времени. Этот способ передачи осуществляется при помощи устройства, показанного на фиг. 16. На изолирующем диске (например, из фанеры) расположено 24 контакта (по числу команд) и сплошное контактное кольцо. Все контакты электрически соединены между собой с задней стороны диска. В центре диска на оси укреплен ползунок с ручкой и

указательной стрелкой. Против контактов сделаны соответствующие надписи команд (ход вперед, ход назад, стоп и т. д.).

Пусть в начале передачи ползунок находится на контакте № 1. Указательная стрелка при этом расположена против надписи № 1. Цепь радиопередающего устройства в этом случае разорвана, а телеуправляемая модель находится в состоянии готовности, ожидая приказаний. Щетка распределителя приемного устройства модели стоит на холостом контакте № 1.

Предположим теперь, что нам нужно передать команду № 22. Щетка распределителя на радиоуправляемой модели должна при этом перейти на 22-й контакт. Переведем ползунок передатчика вправо на 22-й контакт, совмещая стрелку указателя с соответствующей надписью команды.

Пока ползунок передатчика перемещается на 22-й контакт, он 22 раза замкнет цепь передатчика.

Антенна передающего устройства при этом пошлет в пространство серию электромагнитных волн, состоящую из 22 импульсов.

Распределитель приемного устройства сработает 22 раза и его щетка передвинется на 22-й контакт, который соединен с исполнительными механизмами, осуществляющими переданную команду.

При передаче следующей команды мы сразу видим на передаточном пульте предыдущую команду, и нам не нужно записывать или запоминать, сколько управляющих импульсов было передано до этого и в какой последовательности. Ошибки в числе переданных импульсов при такой системе совершенно исключаются.

Во избежание излишнего расходования электроэнергии как на радиопередающем, так и на приемном устройствах после передачи сигнала пульт управления должен выключаться. Однако, как это нетрудно видеть на фиг. 16, после передачи радиосигнала ползунок продолжает замыкать цепь радиопередатчика, соединяя контактное кольцо с одним из контактов.

Выключение цепи радиопередатчика на тот период времени, когда сигналы телеуправления не передаются, т. е. когда модель либо находится в состоянии покоя, ожидая распоряжений (контактная щетка замыкает контакт № 1), либо выполняет ту или иную ранее переданную команду, можно осуществить специальной кнопкой.

Однако гораздо удобнее и технически более правильно включение цепи радиопередатчика сигналов телеуправления производить автоматически самой же управляющей ручкой. Для этого с задней стороны пульта управления необходимо укрепить стальную пружину, которая постоянно надавливает на ручку, стремясь поднять ее вверх до упора, автоматически разрывая цепь питания радиопередающего устройства. В момент же передачи команд необходимо надавить на ручку и, преодолев, таким образом, сопротивление пружины, замкнуть цепь радиопередатчика. Ясно, что в процессе передачи радиосигналов ручка должна оставаться все время нажатой. Когда требуемая команда будет передана, ручку можно отпустить; пружина сразу же поднимет ручку и скрепленную вместе с ней контактную щетку, разорвав этим самым цепь радиопередатчика.

ПРИЕМНИК СИГНАЛОВ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

УКВ приемник можно собрать на малогабаритной лампе СБ-258 (или УБ-240) по сверхрегенеративной схеме (фиг. 17).

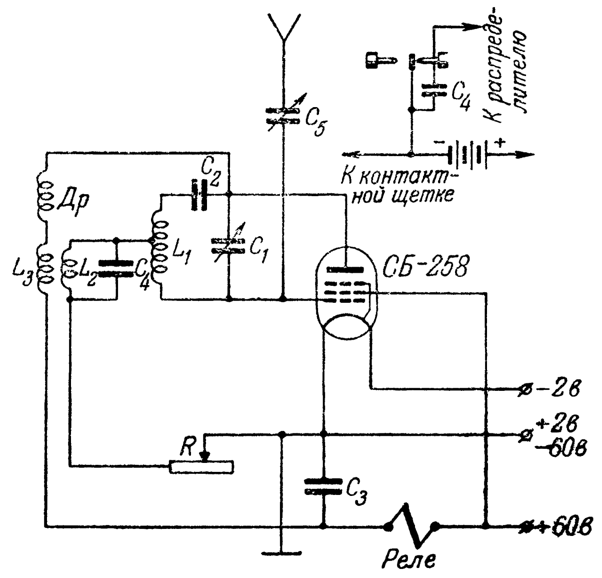
Катушка индуктивности L_1 колебательного контура состоит из 8—10 витков голой медной проволоки диаметром 1—1,5 *мм*, намотанной без каркаса. Диаметр витка 10 *мм*.

Конденсатор переменной емкости C_1 контура имеет емкость от 5 до 35 *мкмкф*. Это обычный подстроечный конденсатор. Конденсатор обратной связи C_2 емкостью около 200 *мкмкф*. Блокировочный конденсатор C_3 имеет емкость около 5 000 *мкмкф*.

Катушка L_2 колебательного контура вспомогательной частоты состоит из 900 витков изолированной эмалью и шелком проволоки (ПЭШО) диаметром 0,07 *мм*. Эту проволоку можно заменить проволокой ПЭ 0,15—0,20 *мм*. Катушка L_3 обратной связи намотана из такой же проволоки с числом витков около 700.

Намотку катушек L_2 и L_3 следует производить по типу сотовых катушек на гильзе из парафинированного картона или из какого-либо другого изоляционного материала. Высота обеих катушек одинакова и равна 7 *мм*. Внешний диаметр гильзы каркаса катушки 13—14 *мм*. Катушки монтируются так, чтобы оси их совпадали. Конденсатор C_4 должен иметь емкость от 1 500 до 2 000 *мкмкф*.

Дроссель *Др* состоит из 60 витков изолированной проволоки диаметром 0,2—0,3 *мм*, намотанной на картонную гильзу длиной 28—30 *мм* и внешним диаметром 8 *мм*. Вместо картонного каркаса можно применить сопротивление типа Каминского, предварительно счистив с него проводящий слой. Не рекомендуется применять в качестве каркасов дросселей обрезки карандашей. Ни в коем случае не следует по-



Фиг. 17. Принципиальная схема приемника.

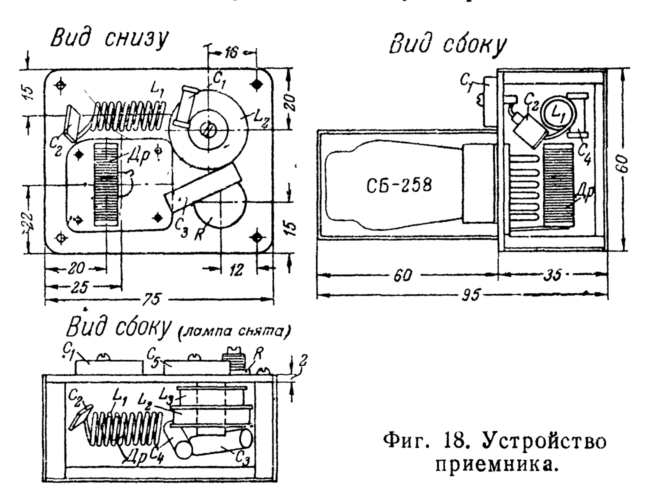
крывать обмотку дросселей ультравысокой частоты шеллаком, коллодием или каким-либо другим лаком или парафинировать. Приемник с такими дросселями будет плохо работать, так как межвитковая емкость дросселей возрастает настолько, что ультравысокочастотные токи замыкаются через нее.

Переменное сопротивление *R* (50 000 — 100 000 *ом*) служит для регулировки сеточного смещения. Антенный конденсатор C_5 (подстроечный) от 5 до 30 *мкмкф*.

Монтаж приемника очень прост. На эбонитовой планке (шасси) размерами 75×60×1,5 *мм* (фиг. 18) монтируются с одной (нижней) стороны катушки L_1, L_2 и L_3, дроссель *Др*, конденсаторы C_2, C_4 и C_3, а с другой (верхней) стороны — панелька радиолампы и конденсаторы C_1 и C_5. На верхнюю

сторону вынесена также ручка переменного сопротивления R.

Монтаж УКВ приемника должен быть сделан очень тщательно. При неудовлетворительном монтаже (плохие соединения проводов, окисленные контакты и т. д.) приемник будет работать плохо или даже совсем не будет работать. Особо серьезное внимание следует обратить на конденсатор настройки. Если электрическое соединение подвижных пластин с цепью сетки плохое, приемник не будет работать.



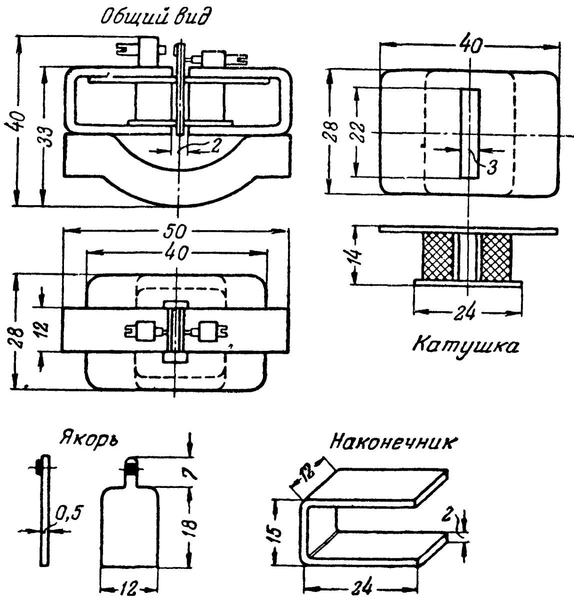
Фиг. 18. Устройство приемника.

Шасси со смонтированными на нем деталями привинчивается четырьмя шурупами к деревянным стоечкам, вклеенным в углы фанерной коробки. Нижняя часть шасси вместе со смонтированными на ней деталями полностью входит в коробку высотой 35 *мм.* Малогабаритный приемник сигналов телеуправления готов. Остается только вставить лампу, включить реле и произвести регулировку приемника.

Самодельный УКВ приемник сигналов телеуправления, показанный на фиг. 18, разработан и изготовлен радиолюбителем телемехаником С. А. Башкиным. Этот УКВ приемник имеет незначительные размеры и вес, что позволяет использовать его для управления на расстоянии не только сухопутными или плавающими, но и летающими моделями. Компактное приемное устройство, не требующее применения усилителя, займет на модели самолета очень мало места.

Приемное реле. Приемное реле состоит из небольшого постоянного магнита с полюсными наконечниками в виде

двух скобок, привинченных к полюсам магнита (фиг. 19). В междуполюсном пространстве располагается якорь, который может поворачиваться на небольшой угол вокруг оси. Конец якоря несет на себе контакт. Нормально, т. е. когда по катушке реле ток не проходит, якорь притянут влево, и контакт замыкает цепь распределителя. Если приемник отрегулирован на максимальный ток, якорек реле перекинется вправо и упрется в конец регулирующего винта. Кончик



Фиг. 19. Устройство приемного реле.

этого винта (упирающийся в якорь) сделан из изолирующего материала (эбонит, текстолит, дерево). Левый винтик, металлический, соединен через стойку с корпусом реле. При приеме сигнала ток в анодной цепи приемника уменьшится, и якорек реле перекинется влево, замкнув цепь распределителя. Для увеличения надежности работы приемника контакты реле желательно блокировать конденсатором постоянной емкости порядка 30 000 *мкмкф*. Этот конденсатор необходим ввиду того, что искра, возникающая между контактами реле, может создать паразитные электромагнитные колебания, влияющие на устойчивую работу приемного уст-

ройства. Конденсатор же, включенный параллельно контактам, будет гасить искру.

Катушка реле высотой 14 *мм* намотана проволокой ПЭ 0,05 *мм*, число витков — около 8 000. Верхняя щека картонного прямоугольного каркаса катушки имеет размер 40 × 28 *мм*. Продольный прорез в катушке имеет размеры 22 × 3 *мм*. В этом прорезе и помещается пластинка якоря реле. Нижняя щека катушки имеет размер 28 × 24 *мм*. Размеры других деталей ясны из фиг. 19. Чувствительность этого малогабаритного реле может быть при правильной регулировке доведена до 0,5 *ма*.

Регулировка приемника сигналов телеуправления. Регулировку приемника производят следующим образом. Устанавливают конденсатор антенны в среднее положение, сопротивление R вводят полностью. При этом наблюдается наименьшая сила тока в цепи реле, определяемая миллиамперметром, включенным последовательно с его обмоткой. При лампе СБ-258 получается ток порядка 2—3 *ма*.

Путем настройки конденсаторами C_1 и C_5 нужно добиться, чтобы анодный ток возрос до 6—7 *ма* при полностью введенном сопротивлении R. Если этого получить не удается, следует немного уменьшить сопротивление и вновь оперировать конденсаторами C_1 и C_5, добиваясь необходимого значения анодного тока (5—6 *ма*).

Величину сопротивления R необходимо подобрать так, чтобы при очень небольшом изменении этого сопротивления получался резкий скачок тока в цепи реле (с 2—3 до 6—7 *ма*).

При отсутствии сигнала в телефоне, включенном последовательно в цепь реле (или вместо реле), слышится характерный шум. При этом приемник находится в режиме сверхгенерации. Этот шум, напоминающий шипение кипящей воды, должен быть мягким, без свиста. Характер шума изменяется подбором емкости конденсатора и сопротивления.

Анодный ток при отсутствии сигнала достаточен для срабатывания поляризованного реле. При этом якорь реле притянут , а его контакты, соединенные с распределителем, разомкнуты. При получении приемником сигнала анодный ток резко уменьшается, реле отпускает якорь, и контакты его замыкаются. Шум в телефоне при этом исчезает. Изменение анодного тока равно, примерно, 3—4 *ма*.

Этот приемник при испытаниях показал надежную, четкую работу на расстоянии до 2—3 *км* с антенной в виде неболь-

шого куска проволоки (длиной 15—20 *см*). При испытаниях приемника обнаружилось, что еще более устойчивой работа его получается, если уменьшить число витков катушки L_1 до 7 и припаять провод, идущий от контура L_2—C_4 к 6-му витку, считая снизу вверх. Между катушкой L_1 и колебательным контуром C_4 желательно включать такой же дроссель, как и в анодной цепи лампы. Регулировка этой схемы заключается лишь в изменении величины сопротивления R. При этом добиваются возникновения наиболее громкого шума в телефоне при отсутствии радиосигнала. При нормальной же силе сигналов радиопередатчика шума совершенно не слышно. Измерять длину волны проще всего с помощью двухпроводной линии. Для этого двухпроводную линию нужно связать с колебательным контуром приемника, подобно тому, как это делается при измерении длины волны передатчика. Резонанс обнаруживается по исчезновению характерного шума при некоторых положениях перемычки. Удваивая расстояние между положениями перемычки, при которых шум исчезает, мы получим длину волны, на которую настроен приемник.

ШАГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ

Шаговые распределители, как уже было указано, предназначены для включения цепей исполнения телеуправляемых моделей и являются одним из главных элементов системы телеуправления, от точности работы которых зависит правильность выполнения передаваемых команд.

Ранее описанные в литературе по моделированию шаговые распределители настолько громоздки и тяжелы, что монтировать их на модели корабля, автомашины, а тем более самолета, неудобно. Поэтому возникла необходимость разработки самодельного малогабаритного распределителя, который можно было бы применить для небольших телеуправляемых моделей, в том числе для радиоуправляемых моделей самолетов.

Разрабатывая малогабаритный распределитель, мы поставили перед собой задачу сконструировать простой, надежный механизм, потребляющий небольшую мощность и имеющий малые размеры. После ряда экспериментов эта задача была решена. Испытание сконструированного 24-контактного распределителя показало, что он работает вполне надежно, потребляя ток около 0,5 *а*. Размеры распределителя очень невелики — 45×60×30 *мм*.

Принцип работы малогабаритного распределителя не отличается от обычного. В момент срабатывания первичного реле приемника по обмотке электромагнита протекает ток. Электромагнит притягивает якорь, имеющий на свободном конце специальную собачку. Собачка нажимает на зубец храпового колеса и поворачивает его. Храповик сделан 24-зубцовым, поэтому при каждом импульсе тока он поворачивается на $^1/_{24}$ часть окружности. В первоначальное положение якорь возвращается при помощи специальной пружинки.

На одной оси с храповым колесом укреплена металлическая щетка, передвигающаяся по контактному полю. Контактное поле состоит из 24 контактов, и при каждом импульсе тока в цепи электромагнита щетка распределителя переходит (перескакивает) с одного контакта на другой. Ход якоря регулируется винтом. Собачка прижимается к храповому колесу пружинкой. Для того чтобы при обратном ходе якоря собачка не повела за собой храповик, установлена плоская упорная пружина с зубцом на конце.

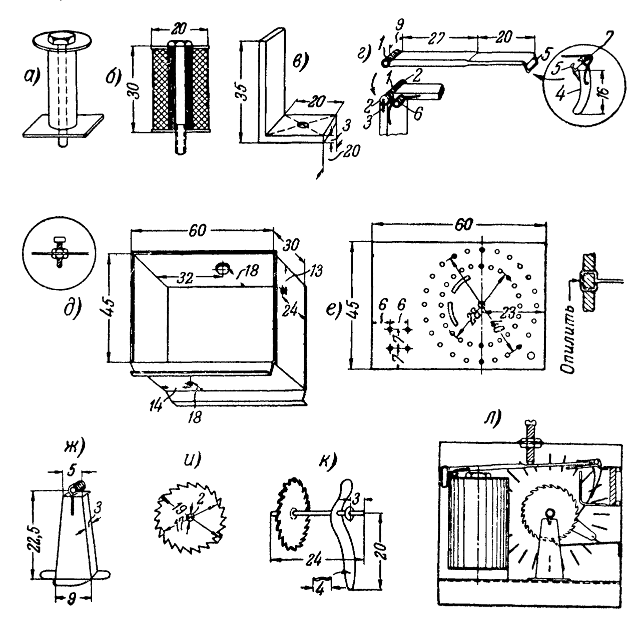
Когда якорь распределителя притянется электромагнитом и собачка повернет храповое колесо на один зубец, замыкаются сигнализационные контакты, включающие лампочку от карманного фонаря, помещенную на модели. Вспышка лампочки дает знать управляющему моделью, что переданный сигнал не только дошел до распределителя, но и выполнен им. Одновременно сигнализационные контакты выполняют и другое назначение: они несколько тормозят ход якоря, благодаря чему не так сильно разгоняется храповик и щетка не проскакивает дальше очередного контакта.

Изготовление малогабаритного распределителя

Распределитель — основной элемент телеуправляемой модели. От его четкой и бесперебойной работы зависит правильное выполнение переданных сигналов. Поэтому все детали распределителя должны быть сделаны очень тщательно.

Электромагнит. Для изготовления электромагнита удобно использовать стальной болтик длиной 35 *мм* и диаметром около 8 *мм* (фиг. 20,*а*). Если диаметр имеющегося болтика будет меньше, то на длине 30 *мм* от головки его можно обернуть жестью так, чтобы получился диаметр 7,5—8 *мм*. Жесть нужно пропаять по торцу. Это будет сердечник электромагнита. На сердечник следует намотать 2—3 слоя писчей бумаги, промазанной столярным клеем. Под головку приклеи-

вается круглая щека диаметром 20 *мм*, внизу — квадратная щека со стороной 20 *мм*. На получившийся каркас катушки наматывается около 800 витков проволоки ПЭШО диаметром 0,25—0,30 *мм*. Она должна заполнить весь каркас катушки (фиг. 20,*б*).



Фиг. 20. Детали малогабаритного распределителя.

а—сердечник и каркас электромагнита; *б*—катушка электромагнита; *в*—ярмо электромагнита; *г*—якорь электромагнита; *1*—проволочные подшипники якоря; *2*—упорные проволочные кольца; *3*—ось якоря; *4*—собачка; *5*—ось собачки; *6*—оттяжная пружина; *7*—пружина собачки; *д*—корпус распределителя; *е* — контактная панель (справа показана конструкция проволочного контакта); *ж* — стойка с проволочным подшипником; *и* — храповое колесо; *к* — контактная щетка, насаженная на ось храповика; *л* — распределитель в собранном виде.

Ярмо электромагнита (фиг. 20,*в*) можно выпилить из мягкой стали или согнуть из десяти полосок жести, сжать в тисках, а затем пропаять по ребрам и просверлить в них отверстие для сердечника электромагнита. Рекомендуется предварительно отжечь сердечник и ярмо, нагрев их до красного каления и медленно остудив.

Якорь (фиг. 20,*г*) можно спаять из нескольких слоев жести или выпилить из полоски мягкой стали. С одной сто-

роны к нему припаивается стальная проволочная спираль — подшипник *1*, а с другой — П-образная проволока — ось *5* собачки. Собачка сгибается из жести. К этому же концу якоря сверху припаивается свернутая из струны пружина *7*, которая будет прижимать собачку к храповому колесу (фиг. 20,*г*, в кружке справа).

С ярмом якорь соединен при помощи П-образной проволоки *5*; чтобы якорь не сдвигался, по обе стороны его следует надеть по нескольку проволочных колец *2* или подходящие шайбы (фиг. 20,*г*, слева внизу). К ярму и якорю припаиваются концы спиральной пружинки *6*. Эта пружинка после выключения тока обмотки электромагнита возвращает якорь обратно, приподнимая его до упорного регулировочного винта.

Корпус распределителя (фиг. 20,*д*) согнут из полоски жести шириной 30 *мм*, а чтобы он был жестче, по его краям проложена проволока, припаянная к корпусу. Снизу корпус имеет *Z*-образные жестяные полоски — ножки распределителя. На нижней стенке корпуса просверливаются отверстия для крепления электромагнита, на верхней — для регулировочного винта и на правой — для крепления контактов контрольной лампочки. Под отверстие для регулировочного винта припаяна гайка. Вторая гайка на регулировочном винте (фиг. 20,*д*, в кружке слева) служит для его закрепления.

Для контактного поля из эбонита или сухого дерева выпиливается пластинка размером 45 × 60 × 3 *мм* (фиг. 20,*е*). В ней тонким сверлом высверливается 48 отверстий для контактов, в центре контактного поля — отверстие для оси храповика и щетки, а в правом нижнем углу — для вывода проводов к контрольной лампочке. Контакты делаются из толстой медной проволоки. Способ их изготовления показан в первой части фиг. 20,*е*. Лицевую строну контактов спилите, чтобы она стала плоской, иначе щетка будет застревать. К контактам, с обратной стороны панельки, припаиваются провода, идущие к исполнительным механизмам.

Кроме 24 контактов, на контактном поле необходимо сделать еще две контактных дуги. Эти дуги служат для исполнения сложных комбинированных команд телеуправления, как, например, «ход вперед — полный», «ход назад — малый» и т. д. Контактная щетка должна одновременно замыкать контактную дугу и один из трех контактов. В схеме телеуправления одна контактная дуга электрически соединена с реле, осуществляющим выполнение команды «вперед»,

а другая — с реле «назад». Длина каждой контактной дуги должна быть такой, чтобы она могла охватывать сектор контактного поля, соответствующий трем контактам.

К этим трем контактам присоединяются три реле, управляющие скоростью электродвигателя. Одно реле включает электродвигатель на наибольшую скорость (полный ход), другое — на среднюю (средний ход), третье — на наименьшую допустимую (малый ход).

Например, при получении команды «вперед — полный» контактная щетка должна одновременно замкнуть контактную дугу, соединенную с реле «вперед», и один из контактов, именно тот, который соединен с реле «полный ход». При следующем положении контактной щетки она замыкает одновременно то же самое реле «вперед» и контакт «средний ход». Контактные дуги можно сделать, так же как и контакты, из толстой медной проволоки. Радиус кривизны контактных дуг должен быть таким, чтобы расстояние между ними и контактами было около 3—4 *мм*.

Стойка второго подшипника оси храповика (фиг. 20,*ж*) выгибается из жести и к ней припаивается медная проволочная спираль. Эта спираль является вторым подшипником распределителя. Необходимо, чтобы отверстия в центре контактного поля и второго подшипника были точно на одном уровне.

Храповик (фиг. 20,*и*) следует сделать как можно точнее. От точности изготовления храповика зависит правильность выполнения передаваемых приказаний. Для изготовления храповика следует вычертить на бумаге окружность радиусом примерно 50 *мм,* затем разделить ее на 24 части, точно начертить радиусы и лишь тогда нанести окружности самого храповика: наружную — диаметром 19 *мм* и внутреннюю — 17 *мм.* Такой способ обеспечит большую точность изготовления храповика. Затем из бумаги вырезают по наружной окружности чертеж храповика, наклеивают на ровный лист стали, точно обрезав его по наружной окружности (диаметром 19 *мм*), и осторожно пропиливают зубья маленьким напильником (надфилем). Если первый храповик выйдет не очень хорошо, лучше не ставить его в распределитель, а сделать другой, третий, пока не выйдет действительно хороший храповик. Точно в центре храповика просверливается отверстие для оси. Ось следует сделать из куска стальной проволоки. Можно в качестве оси использовать отрезок вязальной спицы.

Щетка вырезается из тонкой хорошо пружинящей латуни (фиг. 20,*к*). Края того конца щетки, которым она будет скользить по контактам, следует немного подогнуть вверх, чтобы щетка легко входила на контакт. В середине щетка немного прогибается, что заставляет ее останавливаться точно на контакте. Однако особенно сильно щетку выгибать не следует, иначе ее трудно будет сдвинуть с контакта.

На ось, на расстоянии 3 *мм* от одного ее конца, припаивается упорное проволочное кольцо. Ось до этого кольца вставляется в среднее отверстие контактного поля, на нее надевается щетка, и, после подбора ее положения, щетка припаивается к оси.

Собрав в корпусе электромагнит с ярмом и якорем, укрепите эбонитовую пластинку с контактами и осью со щеткой, наденьте на ось храповое колесо так, чтобы зубья храповика находились точно под серединой собачки якоря. Это положение храповика необходимо отметить и затем, вынув ось, припаять храповик, а рядом с ним — второе упорное кольцо. Повернув пальцем ось, посмотрите, не бьет ли храповик. Убедившись в отсутствии биения и перекоса, следует укрепить в корпусе пластинку с контактным полем и припаять стойку со вторым подшипником.

К правой стенке корпуса припаивается плоская упорная пружина (фиг. 20,*л*), которая не дает храповику возможности поворачиваться при обратном ходе собачки, после выключения тока в обмотке электромагнита.

Регулировка распределителя

Чтобы распределитель хорошо работал, необходимо произвести его регулировку. Нажмите на якорь пальцем, медленно доведите до конца хода и посмотрите, стоит ли при этом щетка серединой на контакте. Если она прошла дальше, чем нужно, изогните или немного подрежьте собачку. Если щетка не дошла до середины, распрямите собачку. Нажимая пальцем на якорь, заставьте щетку обойти все контактное поле. В то же время так опустите регулировочный винт, чтобы конец собачки поднимался до середины зубца, а при ходе вниз — продвигался на один полный зубец.

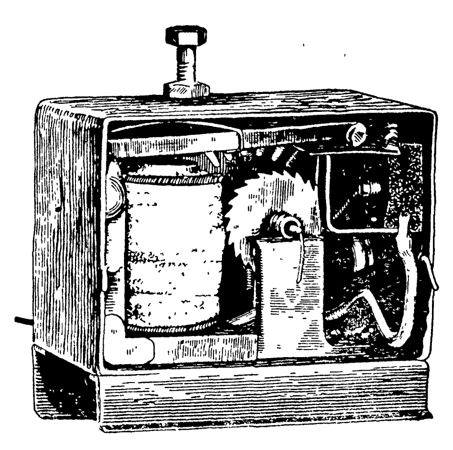
После такой регулировки, когда включите ток, якорь свободно пройдет половину длины зубца, разгонится и ему легче будет повернуть храповик. Сначала попробуйте работу распределителя от четырех сухих элементов, потом добейтесь, чтобы он четко работал от трех и, наконец, от двух элемен-

тов. Добиться бесперебойной работы от двух элементов будет трудно, но зато после такой регулировки можно ручаться, что от трех элементов распределитель всегда будет срабатывать.

Обратите внимание, что чем меньшее напряжение подводится к электромагниту распределителя, тем больший «разгон» приходится давать якорю. Поэтому регулировать распределитель для работы на различных напряжениях можно одними передвижениями регулировочного винта.

Остается последнее — установить контакты для включения контрольной лампочки. Конструкция контактов понятна из фиг. 20,*е*, а укрепить их в корпусе распределителя несложно. Конечно, эти контакты нужно изолировать от корпуса.

Для того чтобы в механизм распределителя не попали пыль, грязь, вода и т. д., вставьте спереди стекло (например, от фотопластинки) размером 4,5×6 *см*. Одновременно стекло предохранит механизм распределителя от механических повреждений.



Фиг. 21. Общий вид самодельного малогабаритного распределителя.

При применении хорошей, мягкой (малоуглеродистой) стали размеры даже этого малогабаритного распределителя могут быть еще уменьшены. Так, например, один из последних экземпляров 24-контактного распределителя конструкции автора имеет следующие размеры. Катушка электромагнита: длина 20 *мм*, внешний диаметр (с обмоткой)—18 *мм*, длина сердечника — 26 *мм*, диаметр — 6 *мм*. Ярмо электромагнита этого распределителя согнуто из стали толщиной 3,3 *мм* в форме угольника со сторонами 20×25 *мм*. Диаметр храпового колеса — 15 *мм* при 24 зубцах. Для изготовления контактов применена голая медная проволока диаметром 0,7 *мм*. Внешний диаметр контактного поля равен 24 *мм*, внутренний — 16 *мм*.

Этот распределитель надежно работает от одного элемента сухой батареи для карманного фонаря. Очень небольшие габаритные размеры распределителя (в 1,5 раза меньше предыдущего) дают возможность применять его на миниатюрных телеуправляемых моделях кораблей, а также на моделях самолетов, управляемых по радио. Общий вид самодельного распределителя показан на фиг. 21.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

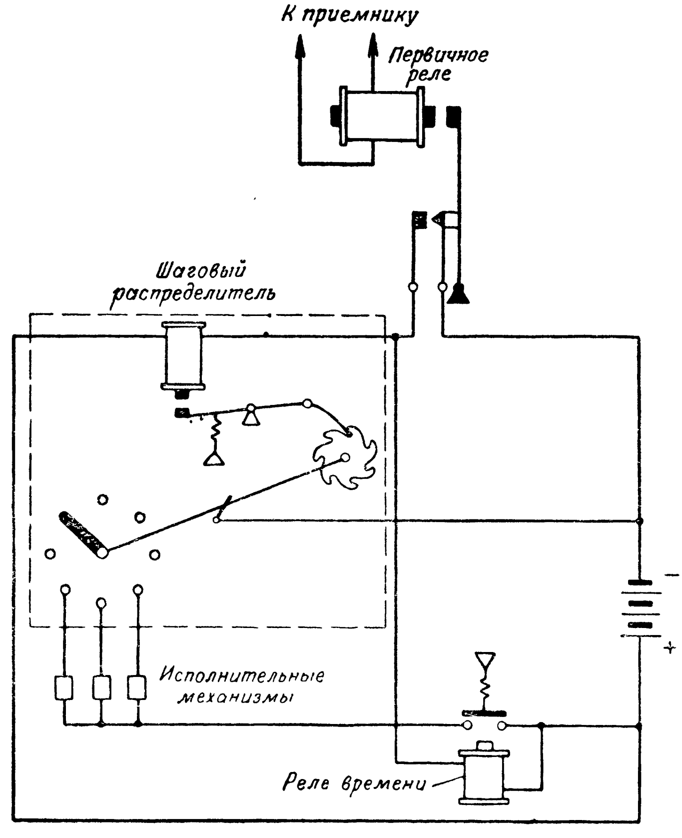
Ранее было указано, что реле времени необходимо для того, чтобы в процессе выбора команды телеуправления не успевали сработать ненужные в данный момент исполнительные цепи, присоединенные к контактам распределителя, а сработал только тот механизм, который мы выбираем.

Реле выдержки времени и способы его включения в схему телеуправления могут быть самыми различными. Можно, например, взять реле с замедленным действием, которое замыкает контакты исполнительной цепи только через некоторое время после того, как будет включен ток в его обмотку. За это время контактная щетка распределителя успеет переместиться на нужный контакт. Можно сделать, наоборот, такое реле, что при включении тока оно быстро сработает и разорвет цепь питания исполнительных механизмов раньше, чем щетка распределителя перейдет на следующий контакт, а при выключении — медленно отпустит якорь, который в конце хода замкнет контакты исполнительной цепи. Если быстро один за другим передавать сигналы телеуправления, то реле не замкнет исполнительных цепей до тех пор, пока не будет закончен выбор требуемой команды. Не успев отпустить свой якорь после окончания первого сигнала, это реле от второго сигнала вновь притягивает свой якорь. Так продолжается до тех пор, пока не закончится выбор требуемой команды, и лишь после этого якорь включит цепь питания исполнительных механизмов. Ниже описываются оба этих способа выдержки времени.

Реле с замедленным притяжением якоря

Включенное параллельно распределителю (фиг. 22) реле быстро притягивает свой якорь. Однако замыкание контактов цепи питания исполнительных механизмов, как мы уже говорили выше, происходит значительно позже того, как якорь реле времени притянется сердечником. Если время,

по истечении которого реле замыкает контакты, обозначить через T_1, время срабатывания распределителя — через T_2, а время, протекшее между двумя замыканиями ключа на



Фиг. 22. Схема включения реле с замедленным притяжением якоря.

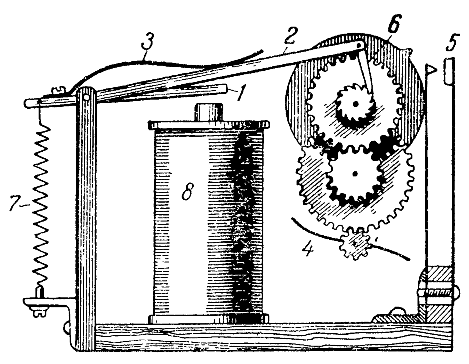
передатчике, — через T_3, то можно написать такую формулу:

$$T_1 > T_2 + T_3,$$

т. е. время включения контактов должно быть больше, чем время срабатывания распределителя плюс промежуток времени между двумя принимаемыми радиосигналами.

В радиоуправляемых моделях T_2 обычно бывает не больше 0,25 сек., T_3 — не больше 1 сек. Учитывая возможные задержки, будем считать, что T_1 должно равняться 2 сек. Электромагнитное реле обычной конструкции не дает такого длительного времени включения контактов, и поэтому приходится прибегать к специальным приспособлениям, замедляющим время срабатывания.

Способов замедления времени срабатывания реле существует довольно много; здесь рассмотрены только некоторые из них.



Фиг. 23. Реле времени с часовым механизмом.

1 — якорь; *2* — рычаг; *3* — пружина; *4* — ветряк; *5* — контакты; *6* — собачка; *7* — оттяжная пружина; *8* — электромагнит.

Реле выдержки времени с часовым механизмом. На фиг. 23 показано реле выдержки времени с часовым механизмом. В этой конструкции реле времени якорь притягивается одновременно с включением тока, а контакты замыкаются только через некоторое время, зависящее от передаточного числа зубчатых колес и от величины сопротивления, которое оказывает воздух лопастям замедляющего ветряка. Якорь реле, нормально оттянутый пружиной, быстро притягивается при включении тока; тогда пружина, укрепленная одним концом на якоре, нажимает другим концом на рычаг, и укрепленная на оси рычага собачка стремится повернуть храповик. При движении храповика поворачивается сидящее с ним на одной оси большое зубчатое колесо. Это колесо поворачивает связанное с ним малое зубчатое колесо, а вместе с ним и второе большое зубчатое колесо, сидящее с малым на одной оси.

Это колесо сцеплено с другим малым колесом, на оси которого находится изогнутая металлическая полоска, называемая ветряком. Воздух тормозит вращение ветряка и этим замедляет включение контактов. Чем больше размер лопастей ветряка, тем бо́льшую выдержку времени дает такое реле. Контакты замыкаются нажатием кулачка, укреп-

ленного на оси храпового колеса, на пружинящий подвижной контакт.

Вместо ветряка, увеличивающего выдержку времени благодаря сопротивлению воздуха, иногда используют силу трения. Такая система с трением применяется в телефонном номеронабирателе. Для того чтобы диск после набора каждой цифры номера с одинаковой скоростью возвращался назад, с его осью через зубчатую передачу сцепляют замедляющий механизм, состоящий из двух пружинящих полосок с грузиками на концах. Грузики при вращении механизма трутся о внутреннюю поверхность обода и тормозят обратное движение диска номеронабирателя.

Максимально возможная выдержка времени этого реле зависит от длины хода якоря и упругости пружин. Обычно эта система применяется в тех случаях, когда требуются выдержки времени от 1 до 60 сек.

Для радиоуправляемой модели могут быть с успехом использованы обе эти системы. Зубчатые колеса можно взять от старого будильника или ходиков, остальное легко сделать самому.

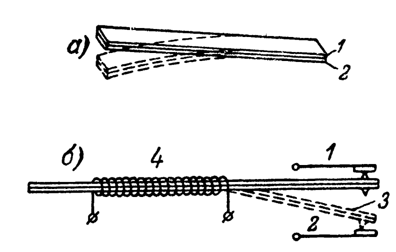
Биметаллическое реле выдержки времени. Можно сделать другой тип реле времени, так называемое биметаллическое реле.

Как известно, все тела при нагревании расширяются. Если взять металлический стержень и нагреть его, то он удлинится. Величина удлинения зависит от свойства материала, из которого сделан стержень, и от температуры нагрева. Так, например, медный стержень длиной 1 *м* при нагревании на 1° С удлиняется на 0,0165 *мм*, при нагревании на 100° С удлинение будет 1,65 *мм*. Стальной стержень той же длины и при том же изменении температуры удлинился бы на 1,15 *мм*, а алюминиевый — на 2,38 *мм* и т. д.

Если взять две полоски из разных металлов, неодинаково расширяющихся при нагревании до одной и той же температуры (с разными коэффициентами линейного расширения), и сварить или склепать их вместе, то получится так называемая биметаллическая полоска. Такая полоска обладает интересной особенностью: если ее нагреть, — она изогнется. Это происходит потому, что один металл расширяется меньше, а другой больше. Так как полоски склепаны, то либо разорвется соединение, либо полоска изогнется (фиг. 24,*а*); конечно, полоска будет изгибаться в том слу-

чае, если оба металла соединены достаточно прочно, иначе при нагревании разорвется соединение.

Если на биметаллическую полоску приклепать контакт, а на некотором расстоянии от него установить другой, неподвижный, контакт, то при нагревании полоска изогнется и замкнет контакты. Понятно, что вместо замыкающего контакта можно установить размыкающий или установить на одну и ту же биметаллическую полоску и замыкающий, и размыкающий контакты.



Фиг. 24. Схема биметаллического реле.

а—изгиб биметаллической пластинки при нагревании: *1* — пластинка одного металла; *2* — пластинка другого металла с меньшим коэффициентом линейного расширения; *б* — биметаллическое реле времени: *1* — неподвижный контакт на размыкание; *2* — тоже на замыкание; *3* — контакт, вклепанный в биметаллическую пластинку; *4* — нагревательная обмотка.

Полоску можно обмотать нихромовой или какой-либо другой проволокой, употребляемой для нагревательных приборов; тогда при пропускании по этой обмотке тока биметаллическая полоска нагревается и изгибается. Такое биметаллическое реле показано на фиг. 24,*б*. Биметаллическое реле может дать большую выдержку времени (до нескольких минут).

Эти свойства биметалла могут быть использованы в телемеханике. Биметаллическое реле включается в схему телеуправления, так чтобы оно своими контактами замыкало цепь питания исполнительных механизмов. Однако от одного короткого импульса от входного реле биметаллическая пластинка не успеет нагреться до такой температуры, чтобы она могла изогнуться на величину, необходимую для замыкания контактов.

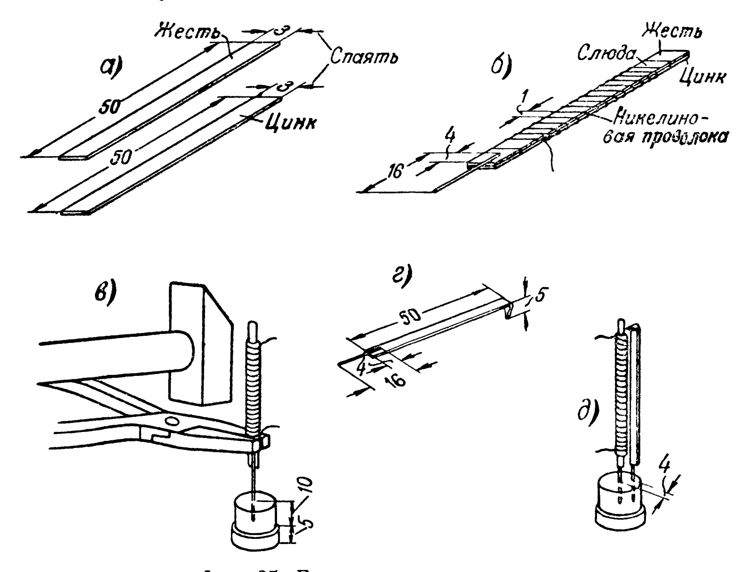
При длительном же импульсе передающего устройства биметаллическое реле начинает нагреваться, изгибается и через некоторое время (выдержка времени) замыкает контакты, которые подают напряжение через щетку распределителя в исполнительную цепь.

Пока сигнал продолжает поступать на входное реле, биметаллическое реле остается включенным и через свои контакты питает исполнительную цепь. Когда сигнал прекратится, пластинка биметаллического реле станет остывать и,

разомкнув контакты, вернется в исходное положение. Схема готова к приему следующего распоряжения.

Эта система дает четкую работу практически с любой желательной выдержкой времени, занимает немного места и потребляет небольшой ток.

Для реле лучше использовать специальные биметаллические пластинки заводского изготовления, но можно их сделать и самому.



Фиг. 25. Биметаллическое реле.

а — спайка пластинок; *б* — обмотка биметаллической пластинки нагревательной проволокой; *в* — способ забивания пластинки в пробку; *г*—изготовление контакта; *д* — биметаллическое реле в готовом виде.

Простой расчет показывает, что достаточно взять распространенные металлы с разными коэффициентами линейного расширения, например сталь и цинк. Коэффициенты линейного расширения этих металлов разнятся больше чем вдвое: цинк дает удлинение 2,91 *мм* на 1 *м* длины при повышении температуры на 100° С, а сталь — всего лишь 1,15 *мм*.

Возьмите полоску жести (фиг. 25,*а*) длиной 50 *мм* и шириной 3 *мм* и полоску цинка точно таких же размеров. Толщины обеих полосок должны быть одинаковы. Полоски должны быть совершенно прямыми. Затем вылудите их,

сложите вместе и спаяйте — получится биметаллическая пластинка.

Вырежьте две полоски слюды шириной 5 *мм* и длиной 45 *мм*. Слюду можно взять из старого конденсатора постоянной емкости.

Нагревательный элемент сделайте из голой никелиновой проволоки диаметром 0,1 *мм*. Наложите слюдяные полоски с обеих сторон биметаллической пластинки и намотайте на них проволоку. Всего следует намотать около 35 *см* проволоки. Расстояние между витками должно равняться примерно 1 *мм* (фиг 25,*б*).

Достаньте стеклянную пробирку диаметром 16—18 *мм* и длиной 70—80 *мм*. Подойдет пробирка от проявителя или какого-нибудь лекарства в таблетках. Из куска сухой березы сделайте пробку. Пробка должна вставляться в пробирку не очень туго, иначе пробирка расколется. Если ошибетесь и сделаете пробку меньшего диаметра, чем нужно, — наклейте на пробку полоску тонкой бумаги.

К концу биметаллической пластинки припаяйте кусок миллиметровой стальной проволоки длиной 16 *мм*. Конец проволоки заточите на острие и вбейте в середину пробки. Вбивать следует так, как показано на фиг. 25,*в*.

В пробке просверлите отверстие и проденьте в него кусок тонкого шнура. Концы шнура припаяйте к концам никелиновой проволоки. Чтобы шнур не болтался, забейте в отверстие деревянный клинышек.

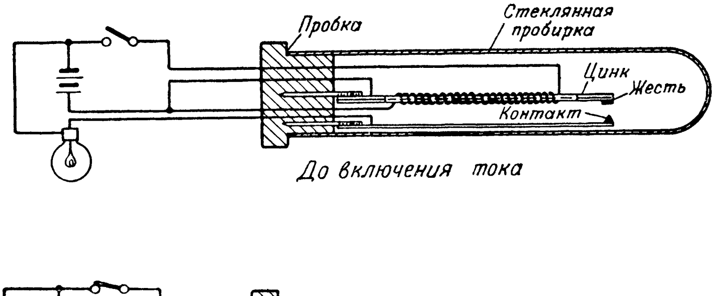
Для изготовления контактов отрежьте полоску жести или лучше полумиллиметровой латуни длиной 50 *мм* и шириной 3 *мм*. Один конец этой полоски загните, а к другому концу припаяйте кусочек стальной миллиметровой проволоки длиной 16 *мм*. Свободный конец этого кусочка проволоки также заострите (фиг. 25,*г*). Полоску вбейте перед стальной стороной биметаллической пластинки, отступив от нее на 4 *мм* (фиг. 25,*д*).

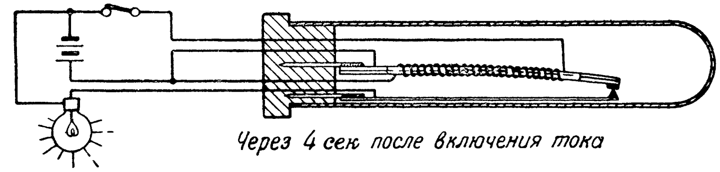
Просверлите в пробке еще два отверстия и вставьте в них по куску медного провода диаметром 0,4—0,5 *мм*. Концы проводов припаяйте к контактной полоске и к биметаллической пластинке.

Изготовленное реле следует отрегулировать на необходимую выдержку времени. Допустим, что нам надо отрегулировать реле так, чтобы оно срабатывало через 2 сек., т. е. через 2 сек. выключало одну цепь и включало другую. Присоедините концы шнура от нагревательной обмотки к полю-

сам батарейки карманного фонаря. Через некоторое время конец биметаллической пластинки начнет двигаться. Заметьте, далеко ли он отойдет от своего первоначального положения через несколько секунд после включения тока Осторожно изгибая контактную полоску, добейтесь того, чтобы конец биметаллической пластинки ровно через 2 сек. касался острия полоски.

В местах контакта желательно напаять кусочки серебра, так как и стальные и медные контакты быстро окисляются. Готовое реле нужно поместить в пробирку.





Фиг. 26. Схема для испытания биметаллического реле.

Так как величина изгиба металлической пластинки зависит от температуры ее нагрева, а последняя — от силы тока, проходящего по нагревательной проволоке, то возникает возможность регулирования времени срабатывания реле путем изменения силы тока. Плавную регулировку времени выдержки реле можно, поэтому, осуществить посредством реостата. Реостат следует включить последовательно с нагревательной обмоткой реле, расположив его на некотором расстоянии от биметаллической пластинки, во избежание влияния на нее теплового излучения реостата. В качестве реостата, регулирующего силу тока в цепи биметаллической пластинки, можно использовать обычный реостат, устанавливаемый в цепи накала ламп радиоприемников. Сечение провода для этого реостата следует подобрать опытным путем. Испытать реле можно по схеме, показаной на фиг. 26.

Следует заметить, что изменение окружающей температуры, несмотря на наличие стеклянного футляра, может нарушить регулировку реле. Во избежание нарушения регулировки биметаллического реле целесообразно применять специальную термокомпенсационную контактную пластинку.

Для этого вместо латунной контактной полоски (фиг. 25,*г*) следует использовать биметаллическую пластинку. В этом случае при изменении температуры внешней среды обе пластинки будут испытывать в равной мере это изменение, и регулировка термореле почти не нарушится.

Реле с замедлением отпускания якоря

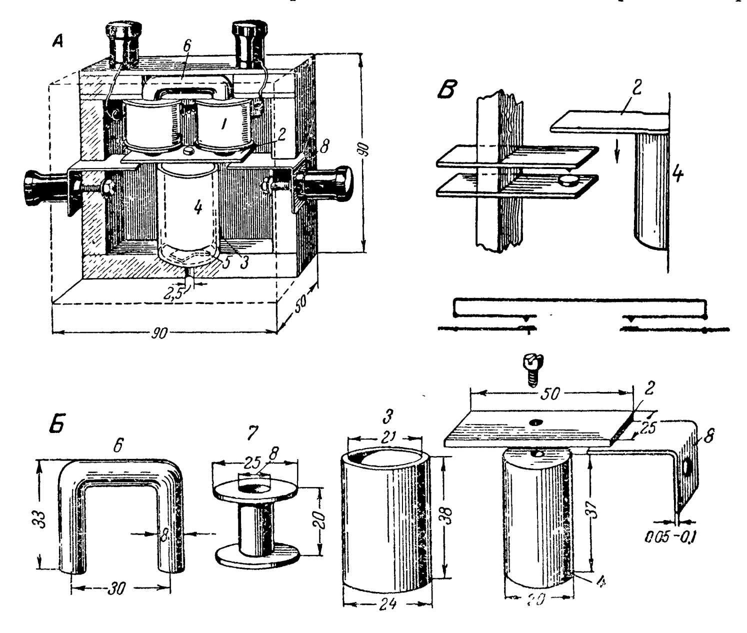
Схема включения реле с замедлением отпускания якоря была приведена на фиг. 1 (см. провода, изображенные пунктиром). Это реле, так же как и реле с замедлением притяжения, включается одновременно с распределителем, но оно при этом сразу же разрывает контакты цепи питания исполнительных механизмов. Притянувшись к сердечнику на момент, соответствующий длительности передачи команды, якорь реле затем медленно отходит обратно и только в конце обратного хода вновь замыкает контакты.

За время, пока якорь притягивается и медленно отходит обратно, щетка распределителя успевает переместиться на следующий контакт. Если за это время не последует нового сигнала, т. е. в том случае, когда передача команды будет закончена, сработает тот исполнительный механизм, цепь которого будет включена распределителем. Если же последует новый сигнал, якорь, не успев замкнуть контакт исполнительной цепи, снова притянется, а за это время щетка распределителя успеет переместиться на следующий контакт.

Существует несколько способов замедления времени отпускания якоря реле после выключения тока из его обмотки. Здесь рассмотрен один из этих способов, который был практически осуществлен в модели радиоуправляемого корабля и при испытании показал надежную и устойчивую работу. При этом применялось так называемое реле с воздушным замедлителем.

Самодельное реле с воздушным замедлителем. Самодельное реле с воздушным замедлителем работает следующим образом. При получении сигнала от первичного реле подковообразный электромагнит *1* (фиг. 27,*А*) притягивает якорь *2* с прикрепленным к нему металлическим поршнем *4*.

Поршень скользит внутри полого цилиндра 3 и при подъеме вверх работает как всасывающий воздушный насос. Когда поршень поднимается кверху в пространстве под поршнем воздух разрежается. Через клапан 5, открывающий отверстие в дне цилиндра, воздух входит в цилиндр и заполняет нижнюю полость. Это происходит довольно быстро, и якорь



Фиг. 27. Самодельное реле времени с воздушным замедлителем

А — общий вид; *Б* — детали; *В* — контактный узел: *1* — электромагнит; *2* — якорь; *3* — цилиндр; *4* — поршень; *5* — клапан; *6* — сердечник электромагнита; *7* — каркас катушки; *8* — контакт.

остается притянутым к полюсам электромагнита, пока не прекратится сигнал. После этого под влиянием веса поршня якорь отпадает.

Однако падению якоря мешает воздух в цилиндре, потому что клапан закрывается, и воздух сжимается падающим поршнем. Воздуху приходится просачиваться через неплотности между поршнем и цилиндром — это создает большую выдержку времени. В конце обратного хода якорь замыкает контакты и включает цепь питания исполнительных механизмов. За время подъема и опускания якоря реле

времени распределитель успевает сработать несколько раз и установить щетку на тот контакт, который соответствует переданному распоряжению.

При изготовлении такого реле следует обратить внимание на то, чтобы поршень *4* (фиг. 27,*Б*) двигался в цилиндре без каких-либо перекосов и заеданий, иначе реле работать не будет.

Контакты сделайте из полосок жесткой латуни или из жести, так чтобы они пружинили и, когда якорь их замкнет, немного прогибались. Давать им слишком большой прогиб не следует, так как их контакт с якорем должен нарушиться возможно быстрее, пока срабатывает распределитель.

Еще лучше контакты сделать из двух пар пластинок (фиг. 27,*В*); тогда не нужно заботиться о чистоте поверхности якоря и можно быть уверенным в надежности контакта. Катушки электромагнита намотайте проводом ПШД или ПБД диаметром 0,3 *мм* по 600 витков в каждой. Конечно, можно взять провод марки ПЭШО, ПЭШД и т. д. Длина хода якоря реле — 4 *мм*. Подводимое напряжение — 12 *в*.

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Общие замечания

Электродвигатель, приводящий в движение модель, должен иметь достаточную мощность для вращения движущего устройства, модели, например гребного винта (если речь идет о модели корабля) или колес модели автомобиля, танка, комбайна, подъемного крана и т. д.

Выбор типа и приобретение электродвигателя не такая простая задача для моделистов. Дело в том, что в продаже редко можно найти низковольтный электродвигатель достаточной мощности для приведения в движение модели. Самодельные электродвигатели обычно имеют очень низкий к. п. д. и, потребляя значительный ток, развивают на валу ничтожную мощность. Это не более, как игрушки, которые не могут удовлетворить запросов моделистов-телемехаников.

Автору удалось создать оригинальный тип самодельного электродвигателя постоянного тока с относительно высоким к. п. д. Этот двигатель был рассчитан по правилам электромоторостроения, спроектирован, построен, испытан и показал хорошие результаты.

Для постройки самодельного электродвигателя не потребуются сложный инструмент или штампы, применяемые на электромашиностроительных заводах. Нужны лишь самые простые слесарные инструменты: ножовка, лобзик, напильник, плоскогубцы, кусачки и небольшой токарный станок. В любой механической мастерской, на многих детских технических станциях, а в сельских местностях — в МТС, обычно имеются небольшие токарные станки. Желательно также иметь возможность пользоваться небольшим сверлильным станком.

Изготовление самодельного тягового электродвигателя

Сердечник якоря двигателя изготовляется из листовой стали (толщиной 0,3—0,8 *мм*) или из кровельного железа. Нарежем сначала квадратные заготовки размером 28 × 28 *мм* (фиг. 28,*а*). При толщине стали 0,5 *мм* необходимо нарезать 56, а при использовании кровельного железа толщиной 0,8 *мм* — 35 заготовок. Просверлим в этих заготовках отверстие для вала диаметром 5 *мм* и произведем разметку для сверления пазов якоря. Для этого достаточно разметить одну заготовку (лучше эту заготовку сделать из стали толщиной 2 *мм*). Проведя из центра заготовки окружность радиусом 9 *мм*, делим ее на 8 равных частей. Полученные точки пересечения окружности с линиями, делящими ее на восемь частей, будут являться центрами отверстий.

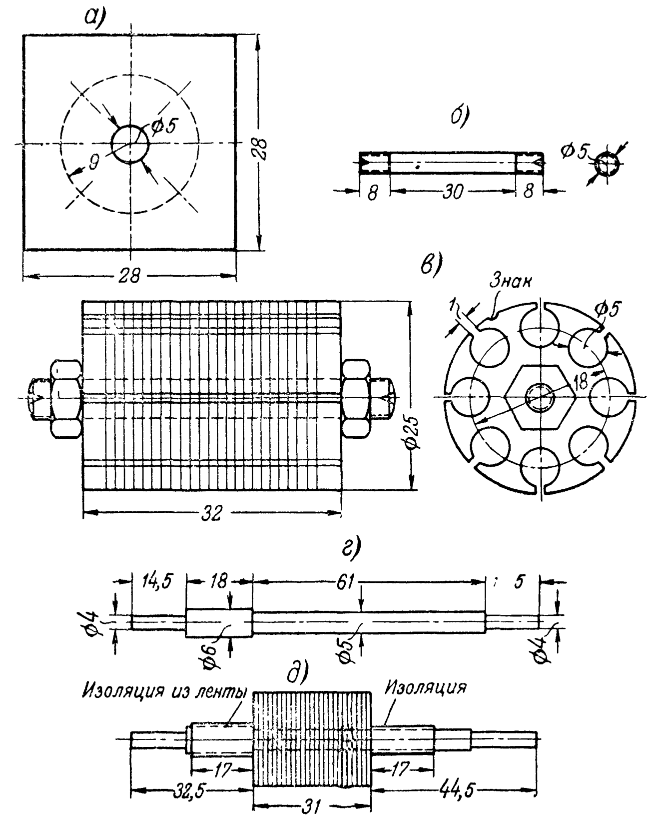
Изготовим прямую, ровную вспомогательную шпильку (фиг. 28,*б*) и насадим на нее (просверленными посередине отверстиями) заготовки якорных листов. Заготовки, надетые на вспомогательную шпильку, крепко стягиваются навернутыми на шпильку гайками. В стянутых вспомогательной шпилькой заготовках якорных пластин просверливаем восемь отверстий диаметром 4,8 *мм* в соответствии с разметкой, сделанной в верхней заготовке. В любые два отверстия следует также вставить шпильки, чтобы при обточке заготовка не могла сместиться.

После сверления отверстий для пазов производится обточка якоря на токарном станке. В результате из параллелепипеда мы получим цилиндр с диаметром основания 25 *мм*, который и будет являться сердечником якоря.

Укрепив в тисках сердечник, аккуратно пропиливаем ножовкой восемь щелей по всей его длине. Ширина щелей должна быть около 1 *мм*. Кроме того, вдоль наружной поверхности сердечника якоря надо пропилить неглубокую

канавку, отмеченную на фиг. 28,*в* словом «знак». Эта канавка служит указателем при окончательной сборке якоря.

Отвинтив гайки и вынув шпильки, рассыпаем листы сердечника якоря. Листы рассыпанного сердечника якоря вы-



Фиг. 28. Сердечник якоря электродвигателя.

а — заготовка якорных листов; *б* — шпилька; *в* — предварительная сборка сердечника якоря; *г* — вал двигателя; *д* — изолированный сердечник якоря.

прямляются и тщательно опиливаются от заусениц, а затем покрываются с одной стороны каким-нибудь изолирующим лаком. После того как лак высохнет, производим окончательную сборку сердечника.

Насаживаем вновь листы якоря на вспомогательную шпильку и скрепляем якорь двумя дополнительными шпиль-

ками, проходящими через пазы якоря. Чтобы листы были собраны так же как при предварительной сборке, при насаживании каждого якорного листа необходимо следить за совпадением «знака». Насаженные на шпильку листы якоря должны воссоздать ту канавку, которая была пропилена при предварительной сборке.

Теперь можно вытащить шпильку, проходящую через осевое отверстие, и вместо нее вставить вал электродвигателя. Вал электродигателя вытачивается на токарном станочке из поделочной стали (фиг. 28,*г*).

Диаметр вала следует сделать таким, чтобы он как можно плотнее входил в отверстие сердечника якоря.

Для лучшего скрепления вала с сердечником нужно было бы сделать шпонку, как это делается в больших электрических машинах. Но для нашего маленького электродвигателя шпонку делать не обязательно, если вал входит в листы якоря достаточно туго.

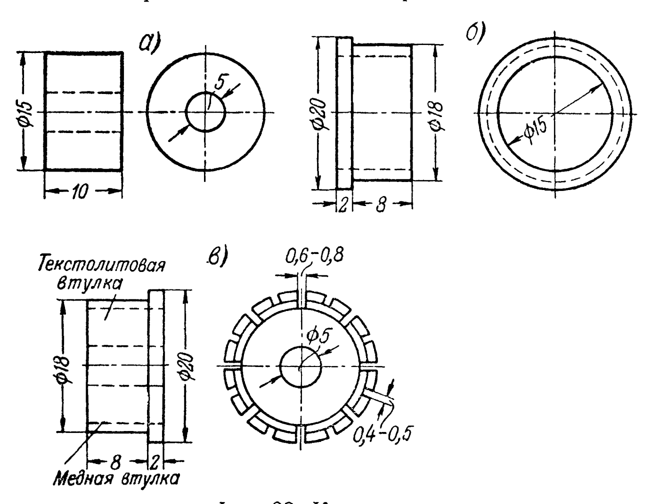
Однако усилить скрепление пакета листов сердечника якоря с валом можно клеем БФ-2. Клей БФ-2 практически склеивает все. Он применяется для склеивания изделий из фарфора, фаянса, стекла, пластмасс, дерева и металла. Этим клеем можно приклеить заплату на ведро, склеить разбитую фарфоровую или стеклянную посуду, приклеить к металлу кусок дерева или другого металла.

Этот клей мы и применим для усиления скрепления пакета якорных листов с валом электродвигателя. То место вала, на котором будет насажен пакет якорных листов, тщательно промоем бензином. С такой же тщательностью протрем тряпочкой, смоченной бензином, осевое отверстие пакета якорных листов.

Покроем тонким слоем клея БФ-2 промытые бензином места сочленения вала с якорем. Дадим этому тонкому слою клея высохнуть до «отлипа», т. е. до тех пор, пока он не перестанет прилипать к приложенному пальцу. Когда этот момент наступит, наносим второй, более толстый слой клея БФ-2 и, не дожидаясь его высыхания, производим насаживание сердечника якоря на вал.

Насаживание производим до упора, т. е. до места перехода диаметра вала с 5 *мм* на 6 *мм*. После насадки сердечник с валом прогревается в духовке или в печи при температуре около 120° в течение 1 часа или над электрической плиткой.

Просушенный сердечник освобождается от скрепляющих его шпилек, а затем вал тщательно изолируется в тех местах, где возможно его соприкосновение с лобовыми частями обмоток якоря (фиг. 28,*д*). Изолирование производится тафтяной или батистовой лентой шириной 5—10 *мм* и толщиной 0,1—0,2 *мм*. Общая толщина изоляции на сторону должна быть порядка 1 *мм*. Изолированные лентой части



Фиг. 29. Коллектор.

а — втулка для коллектора; *б* — заготовка для коллекторных пластин; *в* — сборка коллектора.

вала, а также торцевая поверхность крайних листов сердечника якоря покрываются изоляционным лаком.

Коллектор состоит из изолирующей втулки, надетой на вал рядом с якорем, и токоподводящих металлических пластинок. Обычно в электрических машинах пластины коллектора изготовляются из меди трапециевидного сечения и крепятся посредством так называемых «ласточкиных хвостов».

В маленькой самодельной машине следует по возможности упростить конструкцию коллектора.

Коллектор сделаем из медной или латунной трубки, насаженной на изолирующую втулку, укрепляемую на валу электродвигателя. Втулку коллектора (фиг. 29,*а*) следует выточить на токарном станке. Внутреннее отверстие втулки диаметром 5 *мм* должно быть строго коаксиально по отношению к обработанной наружной поверхности, для чего

точить втулку и сверлить отверстие в ней нужно, не снимая ее со станка.

Трубку (фиг. 29,*б*), из которой будут нарезаться коллекторные пластины, следует обработать так, чтобы ее внутренний канал был строго коаксиален с наружной поверхностью. Разделим наружную поверхность трубки на восемь равных частей (будущих коллекторных пластин) и наметим линии для разреза. Трубку необходимо разрезать по всей длине вместе с выступом шириной 2 *мм*, который нужен для присоединения к коллекторным пластинам концов обмотки якоря. В выступах пропиливаются канавки посредине каждой из коллекторных пластин (фиг. 29,*в*).

В каждую из этих канавок заложите по два зачищенных от изоляции конца провода диаметром 0,3—0,4 *мм* длиной по 2—3 *см*. Затем эти провода припаиваются оловянным припоем и залуживаются. К этим концам проводов в дальнейшем будут припаяны провода обмотки якоря. Эти концы необходимы как вспомогательные между коллекторной пластиной (которая при пайке не должна сильно нагреваться) и концами обмотки якоря. Трубку насадим на втулку с помощью клея БФ-2. Обратите внимание на правильность насадки коллектора на вал якоря. Необходимо строго выдержать размер 17,5 *мм* (см. фиг. 31) от торца коллектора до конца вала.

Коллектор необходимо насаживать на вал так, чтобы середина каждой пластины приходилась против середины паза сердечника якоря.

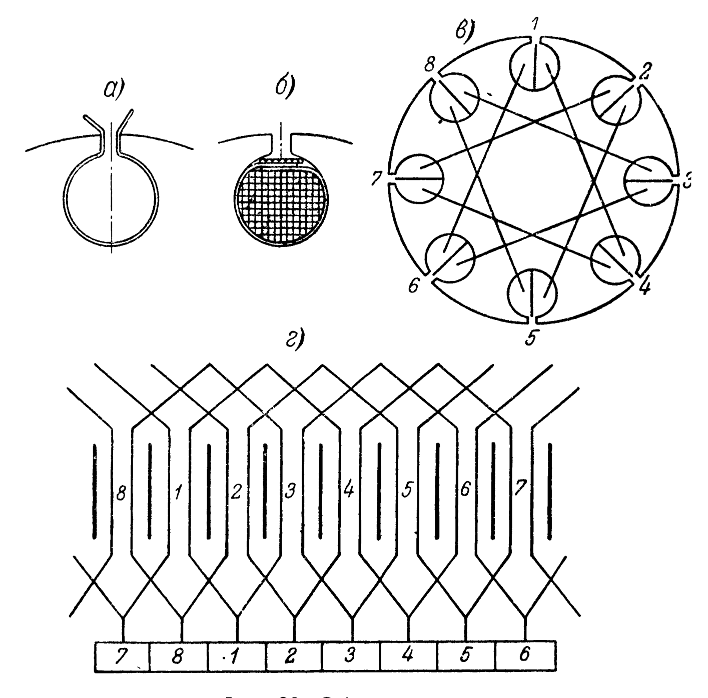
После просушивания склеенных частей коллектора трубку заготовки коллектора нужно разрезать на восемь равных частей с помощью ножовки. При пропиливании нет основания опасаться отклеивания пластин, настолько крепко держит их клей БФ-2. Ширина прореза между соседними пластинами коллектора должна быть порядка 0,6—0,8 *мм* (фиг. 29,*в*). Пропиливать необходимо на глубину до изолирующей втулки. После разрезания трубки на восемь частей получится восемь коллекторных пластин, крепко приклеенных к изоляционной втулке коллектора.

Кроме снятия заусениц, коллектор не требует никакой дополнительной обработки (проточка на токарном станке и т. д.).

Для обмотки якоря необходимо взять около 160 *г* медной изолированной проволоки марки ПЭЛШО диаметром без изоляции 0,27—0,29 *мм*. Перед намоткой якоря необходимо

изолировать его пазы телефонной или кабельной бумагой толщиной 0,05—0,1 *мм*. Общая толщина изоляции паза на одну сторону должна составлять 0,2 *мм* (фиг. 30,*а*).

Обмотка якоря производится следующим образом. Обозначаем какой-либо из пазов якоря номером *1* (фиг. 30,*в*). Тогда, если мы будем смотреть со стороны коллектора, идя



Фиг. 30. Обмотка якоря.

а — изоляция паза якоря; *б* — заделка обмотки; *в* — схема обмотки якоря; *г* — схемы присоединения обмотки якоря к коллекторным пластинам.

по часовой стрелке, все последующие пазы будут иметь номера: 2-й, 3-й и т. д. до 8-го включительно.

Вкладывая проволоку в щель первого паза, выпускаем из паза (со стороны коллектора) конец длиной 5 *см*, затем огибаем проволокой лобовую часть со стороны противоположной коллектору и вкладываем ее в 6-й паз. Далее огибаем лобовую часть со стороны коллектора и вкладываем проволоку опять в 1-й паз. Потом огибаем лобовую часть со стороны противоположной коллектору и т. д. до тех пор,

пока уложим 38 витков. Вывод от последнего, т. е. 38-го, витка, выходящий из 6-го паза, отрезаем так, чтобы остался конец длиной 5 *см*. Отмечаем этот конец узелком из цветной нитки. Это необходимо для того, чтобы не спутать выводы при припайке их к коллектору.

Уложенная секция обмоток якоря занимает в первом пазу лѐвую часть, а 6-м пазу правую часть паза, как это видно, из схемы на фиг. 30,*в* и 30,*г*.

Таким же образом укладывается секция во 2-й и 5-й пазы. Эта вторая секция должна занимать во 2-м пазу правую, а в 5-м — левую часть паза. Начало и конец должны тоже выходить из пазов на 5 *см*. Узелком из нитки какого-нибудь другого цвета отмечается конец, выходящий из 2-го паза.

Укладка секций обмотки якоря и отметка концов узелками производятся согласно табл. 1.

Таблица 1

Укладка секций в пазы якоря

Шаг по пазам	Узелком отмечается конец
Из 1-го в 6-й	Из 6-го паза
Из 2-го в 5-й	Из 2-го паза
Из 3-го в 8-й	Из 8-го паза
Из 4-го в 7-й	Из 4-го паза
Из 5-го в 8-й	Из 5-го паза
Из 4-го в 1-й	Из 1-го паза
Из 3-го в 6-й	Из 3-го паза
Из 2-го в 7-й	Из 7-го паза

После укладки всех секций в пазы изоляция, выступающая за пределы пазов по наружной поверхности якоря, обрезается и загибается внутрь, как это показано на фиг. 30,*б*. После этого в пазы с торца вставляются клинья из прессшпана толщиной 0,2—0,3 *мм* и размером 2,5×35 *мм*, предохраняющие обмотку от выпадения из пазов.

Конец секции, отмеченный завязкой из цветной нитки и выходящий из 1-го паза, присоединяется и припаивается к концу провода, отходящего от коллекторной пластины, следующей по часовой стрелке (если смотреть со стороны коллектора) за той, которая расположена против 1-го

паза (фиг. 30,*г*). Эту коллекторную пластину обозначаем номером 1. Конец, отмеченный завязкой и выходящий из 2-го паза, присоединяется к концу, выходящему из 2-й пластины, из 3-го паза — к 3-й пластине и т. д.

После этого соединяются с коллектором концы секций якоря, не имеющие завязок из цветных ниток. Присоединяем к оставшемуся свободному концу, выходящему из 1-й коллекторной пластины, конец от 3-го паза и припаиваем его. Ко 2-й коллекторной пластине припаиваем конец, выходящий из 4-го паза, и т. д.

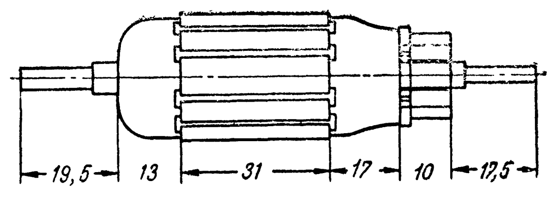
Обходим таким образом все пазы и все коллекторные пластины и заканчиваем работу присоединением к 8-й пластине коллектора конца секции якоря, выходящего из 2-го паза.

При пайке ни в коем случае нельзя применять кислоту, а следует пользоваться исключительно канифолью. Пайка каждого конца якорной обмотки с концом, выходящим из коллектора, должна производиться по возможности быстрее, для того чтобы не подвергалась сильному нагреванию коллекторная пластина. Перед пайкой, учитывая, что от высокой температуры клей БФ-2 может размягчиться, на наружную поверхность коллектора следует наложить бандаж из крепких суровых ниток или шпагата. После припайки к коллекторным пластинам концов проводов бандаж снимают. После этого якорь подвергается пропитке в изоляционном, например асфальтовом, лаке.

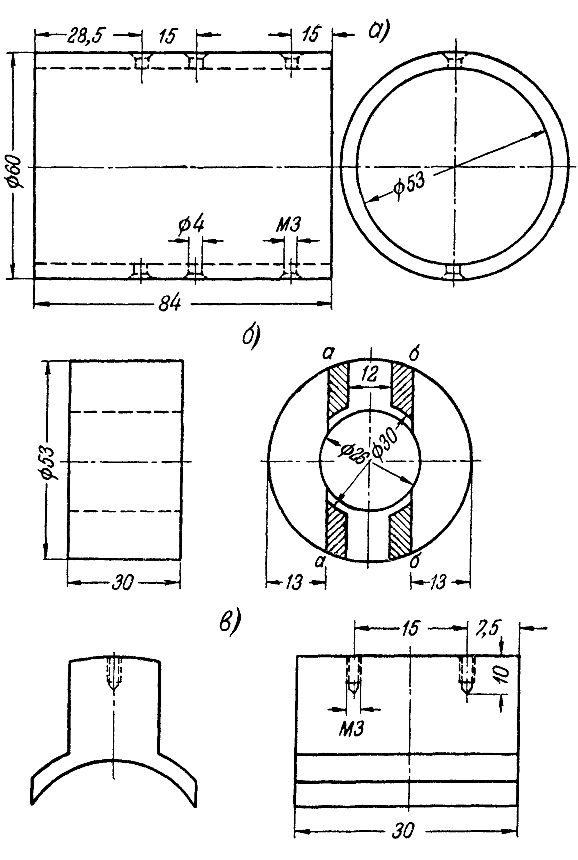
Якорь выдерживается в лаке до тех пор, пока перестанут выделяться пузырьки воздуха на поверхности сосуда с лаком. После этого якорь вынимается и выдерживается некоторое время на весу, чтобы удалить излишек лака. Металлические части (шейки вала, наружная поверхность сердечника якоря и коллектора) тщательно обтираются тряпочкой, смоченной в бензине, чтобы на них не осталось жидкой лаковой пленки. После этого якорь просушивается на воздухе. Якорь с коллектором в собранном виде показан на фиг. 31.

Станина электродвигателя, на которой монтируются полюса обмотки возбуждения, щеткодержатель и подшипники якоря, изготовляется из стальной водопроводной или газовой трубы диаметром 2 дюйма (около 51 *мм*) и длиной 84 *мм* (фиг. 32,*а*).

В трубке высверливаются отверстия диаметром 4 *мм* для крепления полюсов. Кроме того, просверливаются и наре-



Фиг. 31. Якорь и коллектор в собранном виде.



Фиг. 32. Магнитная система двигателя.
а — станина; *б* — заготовка полюса; *в* — полюс.

заются метчиком под винты М-3 еще два отверстия для крепления щеткодержателя.

Винты для крепления щеткодержателя должны быть заострены на конце. Своими острыми концами они будут надежно удерживать щеткодержатель в нужном положении.

Обработка полюсов должна быть сделана с большой точностью. Выточим на токарном станке стальное кольцо (фиг. 32,*б*). При этоме внутренняя и наружная обработанные поверхности кольца должны быть строго коаксиальны. После обработки кольца на токарном станке произведем разметку, как показано на фиг. 32,*б*, и разрежем его ножовкой по линиям *а—а* и *б—б*. В результате сразу получатся заготовки для обоих полюсов.

Спиливаем заштрихованные на рисунке поверхности заготовки полюсов так, чтобы получить требуемые форму и размеры полюсного наконечника (фиг. 32,*в*). В верхней части полюсов просверлим и нарежем метчиком отверстия под винт М-3 для крепления полюсов в станине.

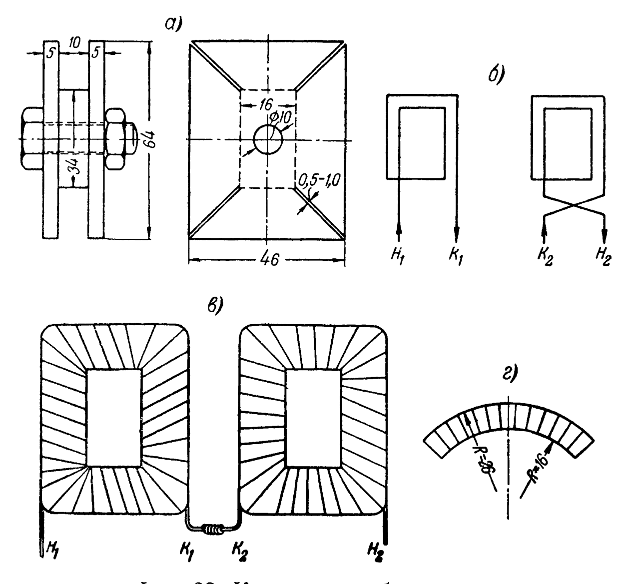
Для намотки катушек возбуждения необходимо изготовить шаблон из фанеры (фиг. 33,*а*). В каждом из четырех углов щек прорезается щель шириной 0,5—1 *мм*. Две щеки с расположенным между ними сердечником шаблона скрепляются винтом с гайкой. Сердечник шаблона обертывается общим слоем прессшпана толщиной 0,2 *мм* или кабельной бумагой. В каждый из прорезов щек вкладываются кусочки суровых ниток длиной около 100 *мм*.

После этого приступим к намотке катушек. Каждая катушка должна иметь 600 витков проволоки ПЭЛ диаметром без изоляции 0,41 *мм* (с изоляцией — 0,445 *мм*). На обе катушки необходимо около 200 *г* проволоки. Витки должны плотно прилегать друг к другу и не перекрещиваться. После окончания намотки полученная катушка связывается теми суровыми нитками, которые были нами заложены в прорези щек шаблона. Развинтив шаблон, осторожно снимаем с него полученную катушку. Таким же образом наматываем и вторую катушку.

Так как полюсы двигателя должны иметь противоположную полярность, соответственно должно быть и различное направление обмотки катушек. В одной катушке начало (H_1) и конец (K_1) выведены, как показано на фиг. 33,*б*, а на другой выводы перекрещиваются. Соединяя концы катушек K_1 и K_2 вместе и производя подводку тока через выводы H_1 и H_2, мы получим в каждой из катушек проти-

воположное направление витков, а следовательно, и противоположную полярность.

Катушки изолируются тафтяной или батистовой лентой толщиной 0,1—02 *мм* и шириной 5 — 10 *мм* (фиг. 33,*в*). Лента укладывается в полунахлест, т. е. каждый оборот ленты должен наполовину перекрывать предыдущий оборот. Катушки следует обернуть лентой в два слоя. Выводы



Фиг. 33. Катушки возбуждения.

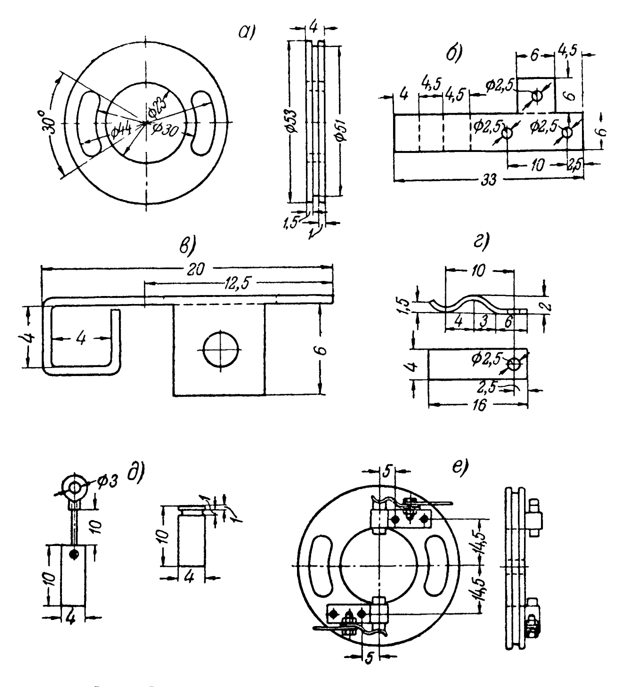
а — шаблон для намотки катушек возбуждения (магнитов); *б* — схема обмоток катушек возбуждения; *в* — соединение и изолирование катушек возбуждения; *г* — изгибание катушек возбуждения.

K_1 и K_2 катушек соединяются посредством пайки. Место пайки покрывается изоляционной лентой (фиг. 33,*в*). Изолированные катушки возбуждения изгибаются так, как это показано на фиг. 33,*г*, после чего подвергаются пропитке лаком (стр. 60).

Щетки, подводящие ток от батареи к коллектору, крепятся в щеткодержателях, которые в свою очередь укрепляются на траверзе, выточенной из текстолита (фиг. 34,*а*). Из листовой латуни толщиной 0,3—0,4 *мм* вырезается заготовка щеткодержателей (фиг. 34,*б*) и на ней размечаются центры отверстий и линии сгиба, показанные пунктиром.

Просверливаем в трех местах заготовки отверстия и изгибаем пластинку по намеченным линиям (фиг. 34,*в*).

Пружина щеткодержателя (фиг. 34,*г*) прижимает щетку к поверхности коллектора. Пружина делается из пружинной стали толщиной 0,2 *мм*. Строго придерживаться фиг. 34,*г* при изготовлении пружины щеткодержателя не



Фиг. 34. Контактная система двигателя.

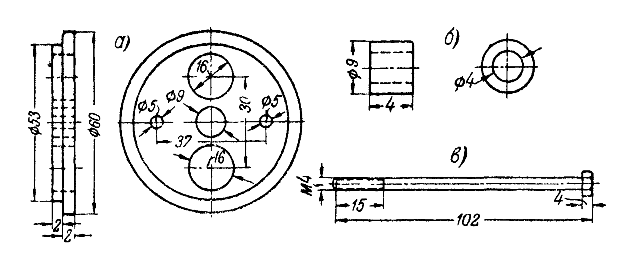
а — траверза щеткодержателей; *б* — заготовка для щеткодержателя; *в* — щеткодержатель; *г* — пружина щеткодержателя; *д* — медно-графитовая щетка; *е* — траверза щеткодержателей в собранном виде.

обязательно; когда детали траверзы будут собраны и щетки установлены на место, пружинка щеткодержателя подгибается по месту.

Для описываемого электродвигателя необходимы две медно-графитовые щетки марок М-24 или МГ-2 размером 4 $\times$ 4 *мм* и высотой от 8 до 12 *мм*. Если щеток такого размера не найдется, то можно взять щетку большей величины и опилить ее личным напильником.

Для укрепления подводящего провода в верхней части щетки выпиливается канавка, охватывающая щетку со всех сторон (фиг. 34,*д*). Гибким проводом охватываем канавку и закручиваем провод так, чтобы создать надежный электрический контакт со щеткой.

Сборка траверзы со щеткодержателем производится так, как показано на фиг. 34,*е*. Обоймы щеткодержателей должны быть симметрично расположены по вертикальной оси траверзы. Щеткодержатели привинчиваются шурупами к траверзе. К отогнутой части щеткодержателя крепятся по-



Фиг. 35. Подшипники двигателя.
а — подшипниковый щит; *б* — втулка подшипников; *в* — болт крепления.

средством винтов М-2 длиной 6 *мм* наконечник от щетки, пружина и выводной конец от щеткодержателя из гибкого кабеля сечением 0,5 *мм*².

В электродвигателе применены подшипники скольжения. Они состоят из двух латунных втулок, заделанных в круглые стальные или алюминиевые диски — щиты, которые закрывают собой с обеих сторон станину электродвигателя (фиг. 35,*а*). Отверстия в щитах диаметром 16 *мм* служат для вентиляции и охлаждения электродвигателя, а также для наблюдения за работой коллектора.

Отверстия диаметром 5 *мм* служат для пропускания шпилек, скрепляющих щиты со станиной. В центре щитов просверливаются отверстия для запрессовки в них медных или латунных подшипниковых втулок (фиг. 35,*б*). Укрепив втулки в подшипниковых щитах, в них под углом просверливают отверстия диаметром 1,5—2,0 *мм* для смазки.

Порядок сборки двигателя следующий. На полюсы надеваем катушки возбуждения, привинчиваем полюсы к станине так, чтобы между внутренней поверхностью станины и наружной поверхностью полюсов не оставалось никаких

зазоров. Затем вставляем в станину траверзу с укрепленными на ней щеткодержателями. Траверзу нужно установить так, чтобы обоймы щеткодержателей находились на вертикальной линии. Выводные концы обмотки возбуждения пропускаются через два овальных отверстия, сделанные в траверзе.

Прежде чем вставлять якорь в станину, проделаем следующее. Обернем коллектор стеклянной бумагой (шкуркой) так, чтобы шероховатая сторона бумаги была снаружи, а гладкая соприкасалась с поверхностью коллектора. Шкурку, чтобы она не распускалась, обвяжем по краям суровой ниткой. Затем наденем на вал тот подшипниковый щит, который находится на стороне, противоположной коллектору.

Опустив щетки на поверхность коллектора, покрытую шкуркой, вращаем якорь, поддерживая в руке конец вала со стороны коллектора. Вращение якоря производится до тех пор, пока поверхность щетки, прилегающая к коллектору, не примет вогнутую форму, соответствующую коллектору. Щетка при этом должна притереться к коллектору. Затем снимаем с коллектора шкурку и тщательно очищаем с него угольную пыль.

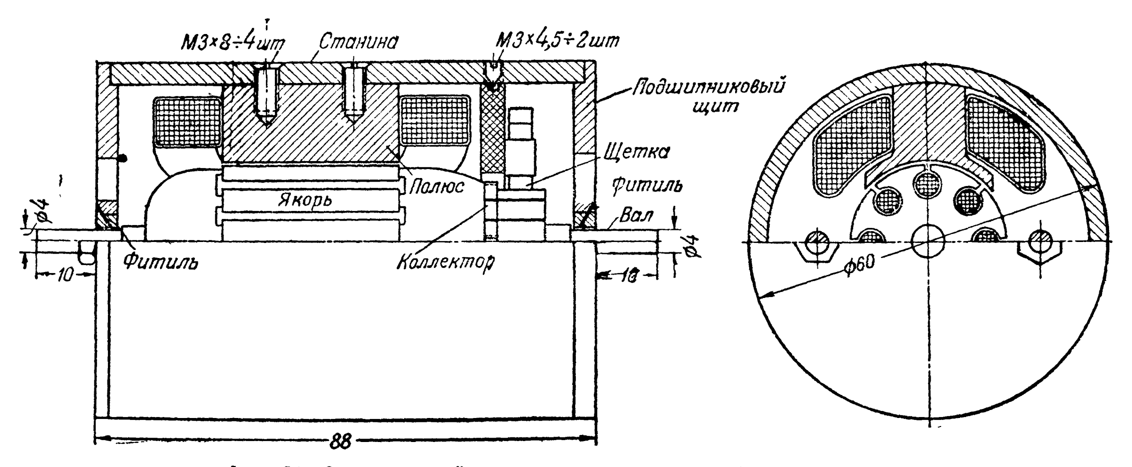
В щит со стороны, противоположной коллектору, вставляем два болта (фиг. 35,*в*), после чего насаживаем на вал со стороны коллектора второй щит. При этом болты своей нарезкой должны попасть в 5-миллиметровые отверстия во втором щите.

При насадке второго щита выводные концы обмотки возбуждения пропускаются через верхнее отверстие в щите диаметром 16 *мм*. Выводные концы от щеткодержателей выпускаем через нижнее отверстие в щите, на шпильки надеваем гайки и туго стягиваем щиты со станиной.

От слишком сильного давления щеток на коллектор вал двигателя может вращаться с большим торможением. В этом случае надо отогнуть немного пружину щеткодержателя, с тем чтобы давление на каждую щетку не превышало 25—35 *г*.

В просверленные наклонно в щитах отверстия закладываются нитяные или ватные фитильки и заливаются несколькими каплями машинного масла.

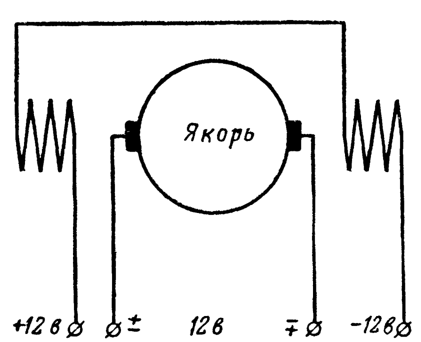
Собранный электродвигатель (фиг. 36) можно укрепить в корпусе модели посредством одной или двух скобок, согнутых из мягкой стали или алюминия.



Фиг. 36. Самодельный электродвигатель в собранном виде.

Опробование двигателя производится вхолостую. Выводы от обмотки возбуждения присоединяются в любом порядке к зажимам батареи напряжением 12 *в* (фиг. 37).

Тот конец провода, который мы при опробовании присоединили к положительному полюсу батареи, обозначим (+), а другой конец — (—). В дальнейшем вывод, обозначенный знаком плюс, всегда присоединяется только к положительному полюсу источника тока, а вывод со знаком минус — только к отрицательному. Выводы от щеткодержателей присоединяем к зажимам той же электрической батареи.



Фиг. 37. Схема соединения обмоток двигателя при опробовании.

Двигатель должен иметь достаточно хорошую коммутацию, т. е. искрение на коллекторе допустимо лишь в небольшой степени; при этом коллектор не должен подгорать и чернеть при продолжительной работе двигателя под нагрузкой.

Имеющиеся в торце щита со стороны коллектора отверстия позволяют наблюдать за искрением и состоянием коллектора. При сильном искрении двигатель следует остановить, отключить от батарей и отпустить штифты, стопорящие траверзу. Затем нужно сдвинуть траверзу с укрепленными на ней щетками на небольшой угол. Закрепив траверзу в новом положении, снова следует опробовать двигатель и посмотреть, какая у него получается коммутация. Эта операция может повторяться несколько раз, причем сдвиг траверзы может быть осуществлен в обе стороны до тех пор, пока мы не добьемся удовлетворительной коммутации. В найденном положении траверзу необходимо закрепить наглухо.

При испытаниях изготовленный автором электродвигатель показал надежную работу, причем его расчетные данные почти полностью совпали с полученными на опыте. Как и было запроектировано, электродвигатель при включении на напряжение 12 *в* дает около 3 000 об/мин. Мощность на валу порядка 3,0 *вт*.

При полной нагрузке к. п. д. электродвигателя равен примерно 30%, что для таких маленьких, да еще самодель-

ных двигателей вполне приемлемо. Ток, потребляемый двигателем при полной нагрузке, равен 0,85 *а*. Подсчитано и проверено экспериментально, что такой самодельный электродвигатель при шести щелочных аккумуляторах, соединенных последовательно, что соответствует напряжению на якоре 7,5 *в* (1,25 × 6 = 7,5 *в*), развивает 1 800 об/мин. При восьми аккумуляторах (9,6 *в*) двигатель дает 2 400 об/мин и при 10 аккумуляторах (12,0 *в*) свои расчетные 3 000 об/мин. Напряжение обмотки возбуждения при этом остается неизмененным и равным 12 *в*.

Возникает вопрос, можно ли попытаться уменьшить еще более размеры электродвигателя с целью установки его на маленькие модели кораблей, а также на модели сухопутных самоходных машин (автомобилей, электровозов, комбайнов, электротракторов и т. д.)?

С уменьшением размеров электродвигателя (при диаметре якоря меньше 20 *мм*) полезная мощность на валу резко падает вследствие сильного снижения к. п. д. В особенности на снижение к. п. д. влияют потери в обмотке магнитов и механические потери (потери на трение), достигающие в очень маленьких двигателях 60—70% всех потерь. Это обстоятельство вызывает необходимость применения в очень маленьких электродвигателях (от 0,1 до 1,0 *вт*) постоянных магнитов и шариковых подшипников.

Конструкция очень малых электродвигателей по указанным причинам, а также ввиду весьма малых размеров деталей должна значительно отличаться от описанной здесь конструкции двигателя. Поэтому пытаться уменьшать размеры описываемого здесь двигателя не рекомендуется. Это приведет лишь к напрасной затрате труда и времени, но ожидаемых результатов не даст.

Маломощные электродвигатели в зависимости от подведенного напряжения развивают 1 800—3 000 об/мин. Если вал электродвигателя жестко сцепить с гребным винтом модели корабля или с колесами сухопутной модели, то винт или колеса будут слишком быстро вращаться. Для понижения числа оборотов необходимо изготовить зубчатую или червячную передачу (редуктор).

Передачу от двигателя можно осуществить с помощью червяка и червячного колеса от «Конструктора» или зубчатыми шестернями. Передача, уменьшая число оборотов гребного винта или колес сухопутной модели, увеличивает тяговое усилие. Правда, передача сама вносит потери, но

правильно выбранная и хорошо смазанная маслом или тавотом передача имеет очень небольшие потери. Можно передачу поместить в жестяную коробочку (ванночку) и в нее налить масло, тогда смазка будет непрерывной. При соединении червяка с червячным колесом следует обратить особое внимание на точность их взаимной установки. Малейшие перекосы могут привести к неправильной работе червячной передачи, а это вызовет лишние потери на трение и быстрое стирание резьбы червяка. То же относится и к зубчатой передаче.

Хороший редуктор, понижающий число оборотов с 3 000 до 100 в минуту, можно изготовить и без червячной или зубчатой передачи. Для этого редуктора нужно выточить на токарном станке четыре ролика различных диаметров (например: 60, 60, 20 и 20 *мм*). Ролики можно выточить из любого материала (алюминий, текстолит, эбонит, карболит и т. д.), но предпочтительнее их сделать из алюминия или алюминиевых сплавов (дюралюминия).

Ролик меньшего диаметра (20 *мм*) насаживается на вал электродвигателя и связывается с другим роликом (большего диаметра) приводным «ремнем». В качестве «ремня» можно использовать кусок резиновой трубки, растянутый и надетый в выточки роликов. Вместе с роликом большего диаметра на одной оси сидит маленький ролик (диаметром 20 *мм*). Этот ролик через ременную передачу приводит в движение второй большой ролик, который сидит непосредственно на оси гребного винта модели корабля или на ведущей оси сухопутной модели. Ролики редуктора располагаются между стойками, сделанными из дюралюминия или другого подходящего металла, на стальных осях. В отверстиях стоек укрепляются шариковые подшипники. Если подходящих шарикоподшипников не окажется, в крайнем случае можно обойтись без них, применив латунные подшипники скольжения, как и в электродвигателе. Стойки укрепляются винтами или шурупами к днищу (или шасси) радиоуправляемой модели.

Соединение редуктора с колесами сухопутных моделей в описании не нуждается. Каждый моделист сумеет осуществить наиболее рациональную для выбранной модели систему связи колес с редуктором. С моделями кораблей дело обстоит сложнее. Передачу на гребной вал необходимо осуществить так, чтобы в модель не попала вода.

Для гребного вала возьмите кусок круглой стали диаметром 4—4,5 *мм* и длиной 200—220 *мм*. Гребной винт насадите на один конец гребного вала, другой конец вала пропустите сквозь корму модели корабля и наденьте на него шестеренку с большим числом зубцов, а если применяете червячную передачу, то червячное колесо. В том месте, где гребной вал будет проходить через корму, укрепите медную или латунную трубку с внутренним диаметром 7—8 *мм* и длиной 80 *мм*. В этой трубке поместите подшипники гребного вала, а между ними набейте тавот или вазелин, чтобы не проникала внутрь вода. Второй подшипник для вала согните из толстой латуни и выпилите в нем канавку для оси. Сверху закройте подшипник металлической скобкой. Подшипник должен быть укреплен в корпусе модели корабля достаточно прочно.

Если не удастся точно установить подшипник и зубчатую передачу, примените гибкую передачу стальной пружинкой. Разрежьте ось, отрежьте от каждого конца по 10—15 *мм* и соедините их пружинкой. Еще лучше, если вы соедините пружинкой и зубчатую передачу с осью электродвигателя. Тогда не будет никаких перекосов. Гибкую передачу можно также осуществить посредством отрезка резиновой трубки или кусочка резины, обернутого вокруг двух свободных концов валов и закрепленного бандажом из шпагата.

Схема управления работой электродвигателя

Электродвигатель должен давать модели задний и передний ход с трехступенчатым изменением скоростей: полный, средний, малый. Изменения скорости электродвигателя легко достигнуть за счет последовательного включения сопротивления в обмотку якоря или в обмотку возбуждения полюсов. В этом случае напряжение батареи, питающей двигатель, остается постоянным, а энергия ее расходуется частью на получение полезной работы (вращение электродвигателя), частью на нагревание реостатов (вредные потери). Так как скорость вращения электродвигателя зависит от подведенного к зажимам якоря напряжения, то имеет смысл применять секционированное включение элементов батареи. При этом вредные потери на нагревание реостатов будут отсутствовать, и мы сможем рациональнее использовать электрическую энергию батареи элементов или аккумуляторов.

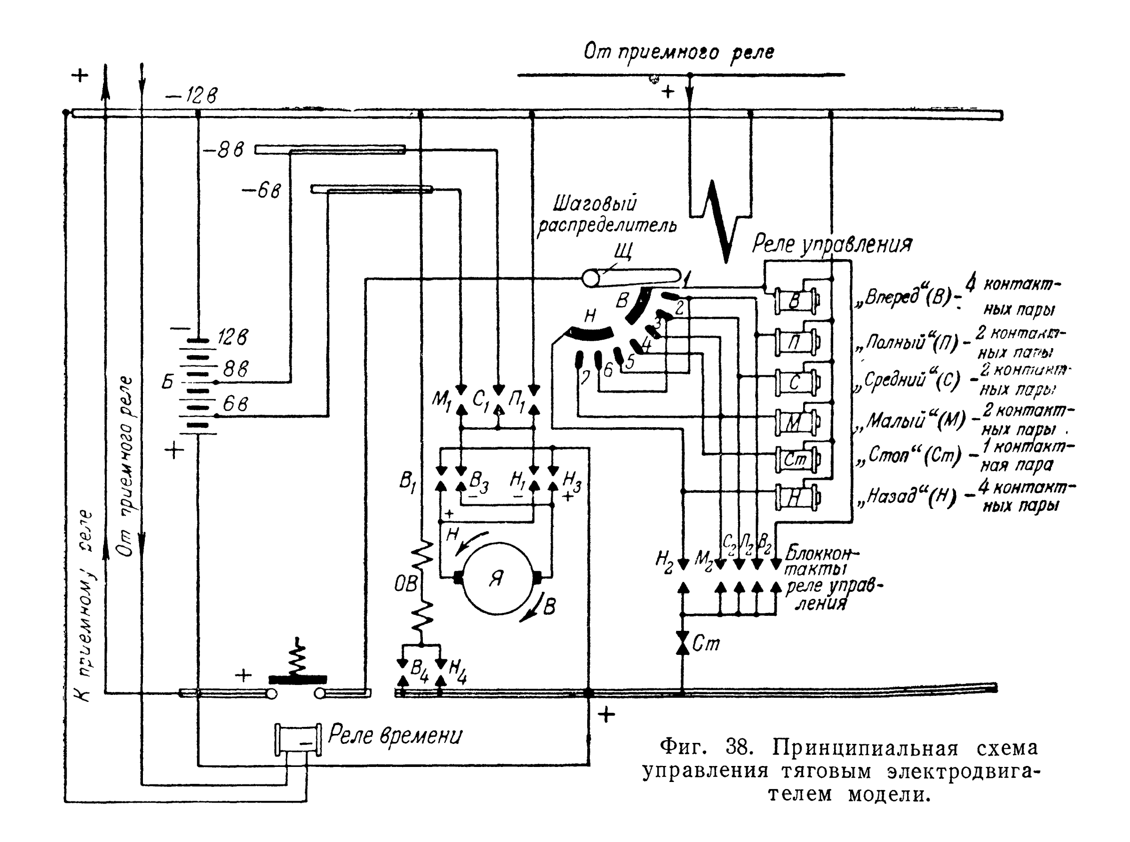
Для перемены направления вращения электродвигателя необходимо менять направление тока в обмотке якоря. Это

осуществляется посредством многоконтактных реле. Всего нам потребуется пять промежуточных многоконтактных реле и одно одноконтактное.

Принципиальная схема управления электродвигателем показана на фиг. 38. Контакт *1* распределителя соединяется с контактом *5* проводником, к которому присоединяется один из концов обмотки промежуточного реле «полный ход». Контакт *2* таким же способом соединяется с контактом *6* и с реле «средний ход». Точно так же включены и контакты реле малого хода. Сегменты соединены с обмотками реле «вперед» и «назад». Длина сегментов такова, что контактная щетка *Щ*, скользящая по ним, одновременно замыкает их и соответствующие контакты. Например, если контактная щетка находится на сегменте, соединенном с реле «вперед» в таком положении, что она замыкает контакт *2*, то это будет соответствовать движению модели вперед со средней скоростью. Остальные команды получаются аналогичным образом. Реле «стоп» включается от контакта *4*. Дополнительного сегмента на распределителе для осуществления команды «стоп» не требуется.

Для удобства чтения схемы контакты реле имеют обозначения, соответствующие обозначениям реле. Так, например, реле, осуществляющее команду «назад» (обозначено на схеме буквой *Н*), имеет контакты, также обозначенные буквами *Н*, но со значками H_1, H_2 и т. д. То же относится и к другим реле. На схеме показаны контакты в таком положении, когда напряжение не подведено и электродвигатель не вращается. Контакты реле изображены в виде треугольничков. Если вершины треугольничков соприкасаются,—это замкнутые контакты. Если они разъединены, значит в данный момент контакты разомкнуты. Каждая пара треугольничков, изображенных на схеме, на самом деле означает две пружинящие пластинки, в которые вклепаны контакты: один из контактов имеет вид тарелочки, а другой заострен на конус или имеет форму полусферы.

Якорь *Я* электродвигателя соединен с питающей батареей посредством контактов реле, включаемых в разных комбинациях. Если телеуправляемой моделью принята, например, команда «вперед—средний», щетка распределителя останавливается на контакте *2* и сегменте *В*. При этом одновременно включаются реле *В* и *С*. Якорь электродвигателя получает питание от батареи *Б* через замыкающиеся контакты B_1 и B_2 и контакт C_1.



Фиг. 38. Принципиальная схема управления тяговым электродвигателем модели.

Если же, например, дана команда «малый—вперед», то замкнутся контакты B_1 и B_3 и контакт M_1 реле малого хода. Через контакт M_1 электродвигатель получает напряжение от меньшего числа элементов батареи, и поэтому вращаться будет медленнее.

При команде «назад» замыкаются контакты H_1 и H_3; ток в якорь мотора будет иметь обратное направление. Следовательно, якорь мотора будет вращаться в другую сторону, и модель корабля получит задний ход. Обмотка возбуждения *ОВ* электродвигателя в обоих случаях получает питание от контактов B_4 и H_4.

В цепи обмоток реле *П*, *С* и *М* включено, как это мы видим по схеме, еще по паре контактов. Эти контакты необходимы для блокировки реле. Блокировочные контакты дают возможность модели выполнять заданную команду и после того, как контактная щетка распределителя сойдет с соответствующего контакта. Поясним это следующим примером.

Мы дали команду «полный—назад». Щетка распределителя остановилась на контакте *5*. При этом сработало два реле — *Н* и *П*. Реле *Н* замкнуло контакты H_1 и H_3, включив ток в якорь электродвигателя. Одновременно замыкаются контакты H_4, через которые питается обмотка возбуждения мотора. Контакт H_2 блокирует реле *Н*; благодаря этому контакту питание реле *Н* не прекращается и тогда, когда щетка *Щ* сойдет с сегмента. Одновременно с реле *Н* срабатывает реле *П*. Реле *П* замыкает свои контакты $П_1$ и $П_2$.

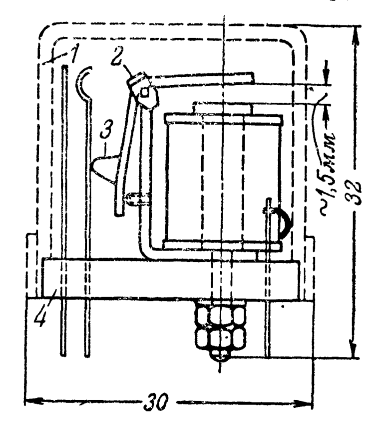
Что при этом происходит? Контакт $П_1$ включает батарею для питания якоря электродвигателя, а $П_2$ блокирует реле *П*. Благодаря блокировке реле *П* до отмены данной команды находится над током, питаясь через замкнутый контакт *Ст* реле «стоп» от полюса батареи. Реле *П* разблокируется только тогда, когда контакты *Ст* прервутся. Это будет при подаче команды «стоп». Из приведенного выше примера ясно видно, как происходят переключения в цепях релейной схемы.

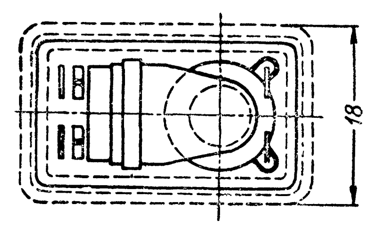
Итак, для управления электродвигателем нужно шесть реле. Три из них (реле «малого», «среднего» и «полного» хода) должны иметь по паре контактов, т. е. по четыре контактных пластины каждое. Два реле («вперед» и «назад») имеют по четыре пары контактов, а реле «стоп»—всего лишь один нормально замкнутый контакт.

Малогабаритные реле управления двигателем

Мы уже говорили о том, что в радиоуправляемых моделях желательно применять только малогабаритную аппаратуру. Громоздкие конструкции реле, распределителей и других устройств утяжеляют телеуправляемую модель, заставляют увеличивать ее размеры, что в свою очередь вызывает необходимость увеличения мощности источников питания.

Для управления моделью требуется довольно большое количество электромагнитных реле. Существующие типы электромагнитных реле (телефонные, кодовые и т. д.) слишком велики и тяжелы.





Фиг. 39. Электромагнитное малогабаритное реле (общий вид).

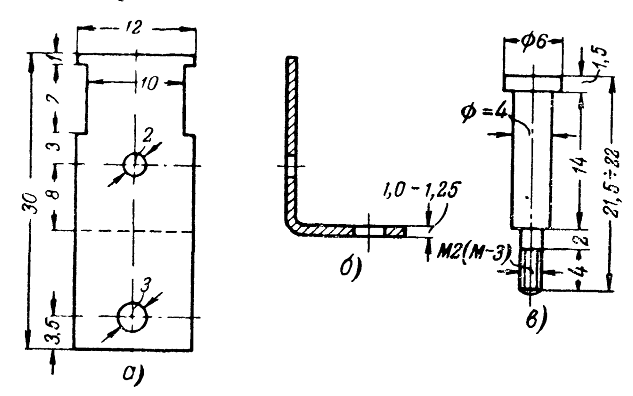
1 — футляр; *2* — скобка якоря; *3* — изолирующий упор; *4* — основание (26 × 15×4 *мм*).

Описываемое ниже самодельное электромагнитное реле с двумя парами нормально разомкнутых контактов имеет небольшие размеры и вес. Габаритные размеры этого реле (фиг. 39) вместе с кожухом, защищающим его от механических повреждений, во много раз меньше, чем у телефонных реле. Высота реле всего лишь 32 *мм*, длина — 30 *мм* и ширина — 18 *мм*. Это очень небольшое реле в цепях слабого тока работает нисколько не хуже обычных реле телефонного типа, хотя по размерам оно почти в десять раз меньше.

Конструкция самодельного малогабаритного реле очень проста, и изготовление реле не представляет трудности. Ярмо реле (фиг. 40,*а* и *б*) вырезается (или выпиливается) из пластинки мягкой, хорошо отожженной стали толщиной 1,0—1,25 *мм*. Разметив заготовку и высверлив два отверстия, тщательно выпиливают язычки ярма. Эти язычки по-

служат в дальнейшем (при сборке реле) в качестве заклепок для крепления скобки.

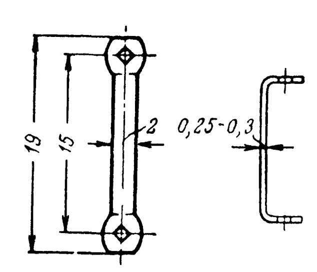
В обычных телефонных реле якорь удерживается в отведенном от сердечника положении посредством спиральной



Фиг. 40. Ярмо и сердечник электромагнита.
а — заготовка ярма; *б* — готовое ярмо; *в* — сердечник.

пружины. Эта пружина позволяет регулировать расстояние между якорем и сердечником (ход якоря).

В описываемой самодельной конструкции можно обойтись без оттяжной пружины, что значительно упрощает конструкцию и облегчает изготовление реле. Скобка (фиг. 41) удерживает якорь в заданном положении и заменяет, таким образом, оттяжную пружину. Правда, при такой конструкции крепления якоря регулировка осуществляется лишь в узких пределах, но для реле телемеханических устройств этого будет вполне достаточно.

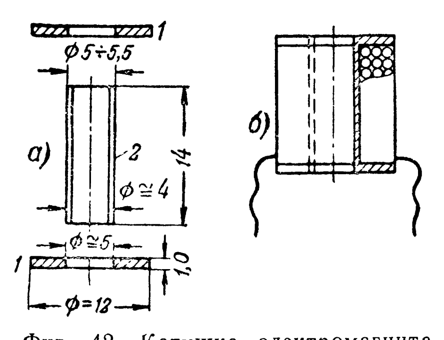


Фиг. 41. Латунная скобка крепления якоря.

Одно из отверстий ярма (меньшее) служит для крепления в нем упорного винта, в который упирается конец якоря реле, когда последнее обесточено. Другое отверстие диаметром 3 *мм* служит для крепления сердечника. По линии сгиба, показанной на фиг. 40 пунктиром, аккуратно изгибают заготовку и получают ярмо электромагнитного реле.

Сердечник реле (фиг. 40,*в*) можно выточить или выпилить из стержня диаметром 6 *мм* и длиной около 22 *мм*. На одном конце сердечника необходимо сделать нарезку М-2 или М-3 для скрепления реле с основанием.

Сердечник необходимо вставить в отверстие ярма возможно более туго во избежание большого магнитного сопротивления воздушных зазоров между ним и ярмом. Это легко достигается путем индивидуальной подгонки сопрягаемых деталей (т. е. ярма и сердечника). Материал стержня, из которого выпиливается сердечник,— мягкая отожженная сталь (можно взять обыкновенный болтик или кусок толстого гвоздя).



Фиг. 42. Катушка электромагнита и ее детали.

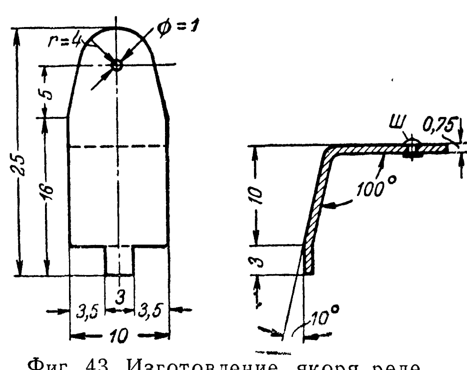
а — каркас катушки· *1* — щеки; *2* — гильза; *б* — готовая катушка.

На сердечник надевается катушка электромагнита (фиг. 42). Катушка состоит из гильзы и двух щек: верхней и нижней. Гильза склеивается из прессшпана или тонкого картона, а сверху и снизу на нее надеваются круглые шайбы из изолирующего материала (картон, эбонит, текстолит, склеенная бумага и т. д.). Перед посадкой шайб на гильзу концы ее следует смазать жидким столярным клеем. После высыхания каркаса катушки, состоящего из гильзы и двух щек, его обматывают изолированным проводом диаметром 0,05—0,07 *мм*. Провод следует взять марки ПЭ, ПЭЛШО или ПЭШО. В зависимости от изоляции провода и его сечения на каркасе катушки можно уложить от 3 000 до 5 000 витков. Наматывать провод на каркас следует аккуратно, виток к витку.

Если вы располагаете небольшим токарным станком, то катушку электромагнита можно выточить из куска эбонита, текстолита, гетинакса, твердого дерева и других подобных материалов. Сверху обмотку катушки следует обернуть хлопчатобумажной тканью или изолирующей лентой.

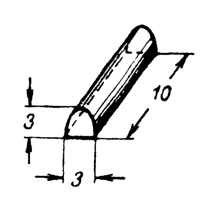
Якорь реле (фиг. 43) изготовляется из мягкой стали толщиной 0 5—0,75 *мм*. Вырезав заготовку и наметив линии

сгиба придаем якорю форму уголка, согласно чертежу, изображенному на фиг. 43 справа. Во избежание прилипания якоря реле к сердечнику после выключения из катушки тока (влияние остаточного магнетизма) в конце якоря следует вклепать медный штифтик *Ш*. После расклепывания штифтик следует опилить напильником так, чтобы высота его (со стороны плоскости, притягиваемой к сердечнику электромагнита) была порядка 0,1—0,2 *мм*, т. е. примерно равна толщине листочка плотной писчей бумаги. Вместо вклепывания медного штифтика можно приклеить на конце якоря небольшой кусочек плотной писчей бумаги. В этом случае время от времени необходимо осматривать якорь реле, и если бумажка отклеится или сотрется, заменить ее новой.



Фиг. 43. Изготовление якоря реле.

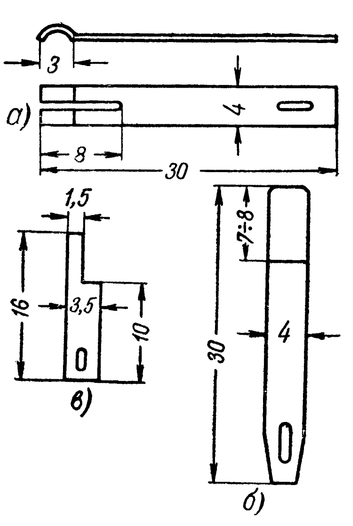
К другому концу якоря клеем БФ-2 (стр. 55) приклеивается изолирующий упор (фиг. 44), служащий для замыкания контактных пластин. Когда якорь притянется к сердечнику, упор надавит на контактные пластины и заставит их замкнуться. Этот упор можно сделать из эбонита, твердого дерева или из любого другого изолирующего материала по размерам, показанным на фиг. 44.



Фиг. 44. Изолирующий контактный упор.

Контактные пластины вырезаются из жесткой латуни, бронзы или красной меди толщиной 0,5—0,75 *мм* (фиг. 45). Одна из пластин (фиг. 45,*а*), ближайшая к изолирующему упору якоря реле, прорезается на расстоянии 8 *мм* от конца для получения более надежного контакта, а самый ее конец изгибается по дуге диаметром примерно 3 *мм*. Наружную поверхность дуги, которая будет служить контактом, во избежание окисления при работе

реле желательно посеребрить электролитическим способом. Можно, конечно, серебрения не производить, но в этом случае чаше придется зачищать контакты. На противоположном конце контактной пластины следует сделать овальное (или круглое) отверстие для припайки проводов. Вторая контактная пластина прямая. Ее форма и размеры показаны на фиг. 45,*б*.



Фиг. 45. Контакты реле.
а — первая контактная пластина; *б* — вторая контактная пластина; *в* — лепесток.

Кроме контактных пластин (их для реле надо сделать две пары), следует изготовить еще так называемые лепестки (фиг. 45,*в*), служащие для припайки проводов от катушки электромагнитного реле. Без лепестков провода катушки будут обламываться от многократных перегибов и нарушать нормальную работу радиоуправляемой модели.

Все детали реле крепятся на изолирующем основании размером 26×15×4 *мм*. Контактные пластины и лепестки укрепляются в прорезях основания клеем БФ-2. Сверху реле следует накрыть защитным кожухом из плотного тонкого картона хорошего качества, как это показано пунктиром на фиг. 39.

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

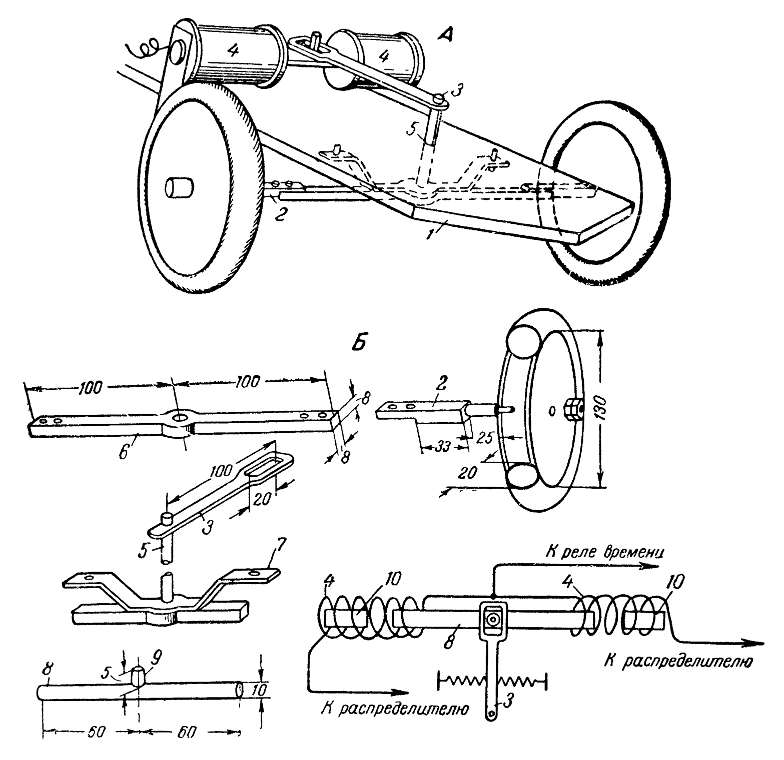
Механизм поворота телеуправляемой модели

Телеуправляемая модель, кроме поступательного движения вперед и назад, должна делать повороты влево и вправо. Для осуществления поворотов служат соответствующие механизмы. Конструкция механизмов поворотов зависит от выбранного типа модели. Для сухопутной модели (модель броневика, автомобиля, трактора, танка и т. д.) механизмы поворота будут одни, для плавающих и летающих моделей— другие.

Для того чтобы изменить направление движения телеуправляемой сухопутной модели, нужно, очевидно, повер-

нуть в горизонтальной плоскости одну из ее осей вместе с насаженными на нее колесами.

Обычно колеса свободно вращаются на передней оси, а ведущей является задняя ось. Но зато передняя ось служит для поворотов модели вправо и влево.



Фиг. 46. Общий вид *(А)* и детали *(Б)* механизма поворотов телеуправляемой модели.

1 — основание; *2* — ось; *3* — вилка; *4* — соленоиды; *5* — шкворень; *6* — планка; *7* — рессора; *8* — якорь; *9* — шпилька; *10* — стопы.

На фиг. 46 показаны общий вид, монтаж и детали механизма поворота модели броневика. Конструкция этого броневика принадлежит радиолюбителю Петрухину (г. Минеральные Воды).

Механизм поворота устроен следующим образом. Два конца осей *2* колес приклепываются к общей планке *6*. Дру-

гие концы осей имеют круглые выточки, на которые надеваются колеса. На колеса натягиваются резиновые шины. Когда колеса с шинами будут надеты, на концы осей навинчиваются гайки с контргайками.

Если применяются деревянные колеса, то необходимо проложить шайбу диаметром 20—25 *мм* между колесом и прямоугольной частью оси. При обработке конца оси нужно обратить внимание на то, чтобы часть, на которую надевается колесо, была действительно круглой, иначе колесо будет вращаться неправильно, что вызовет лишнюю затрату энергии на приведение модели в движение.

Сквозь планку *6* и доску основания *1* броневика пропустите шкворень *5* — толстую проволоку или толстый длинный шуруп, с которого опилите напильником нарезку, превратив его в гладкий стержень с головкой на конце. Головку шкворня припаяйте к планке. На верхний конец шкворня под углом 90° припаяйте поворотную вилку *3* с вырезом на конце. Вырез должен иметь размер 20 × 10 *мм*. Этот вырез необходим для прохода сквозь него шпильки, вклепанной в якорь *8* соленоидов *4*. Края выреза должны быть гладкими, чтобы не было большого трения между ними и шпилькой.

Якорь *8*, общий для обоих соленоидов *4*, сделайте из куска круглой мягкой стали диаметром около 10 *мм*. Диаметр шпильки *9*, входящей в вырез вилки *3*, должен быть равен 4—5 *мм*, а ее высота — 10 *мм*.

По отношению к якорю шпилька устанавливается точно перпендикулярно. Когда броневик идет прямо, вилка должна стоять тоже прямо. Чтобы вилка не передвигалась от неровностей почвы, ударов и толчков от камней, попадающих под колеса, ее удерживают две пружины, с одинаковой силой оттягивающие ее влево и вправо.

Пружины одними концами прикреплены к вилке, а другими — к основанию броневика. Когда подается команда «влево», в правый соленоид включается ток, и якорь втягивается в него. При движении якоря шпилька нажимает на вилку, а так как с другим концом вилки соединен шкворень, то вместе с вилкой поворачивается и планка с осями колес. Броневик пойдет влево.

Если выключить ток из правого соленоида, пружины возвратят вилку в среднее положение, и броневик пойдет прямо. При команде «вправо» включается ток в левый со-

леноид, якорь втягивается в соленоид, поворачивает вилку, а следовательно, и ось колеса в другую сторону.

Силу тяги пружин, устанавливающих вилку в нейтральное положение, необходимо подобрать опытным путем. Пружины не должны быть слабыми, чтобы не было случайных отклонений от прямого пути при отсутствии команд поворотов. Но вместе с тем пружины не должны быть и слишком сильными, чтобы соленоид смог, преодолев их сопротивление, повернуть ось в нужном направлении. Соленоиды сделайте так. Склейте из плотного картона две катушки внутренним диаметром 12 *мм* и длиной 57 *мм*. Каждую катушку обмотайте до заполнения проводом диаметром 0,3—0,31 *мм* (без изоляции). Внешний диаметр катушек должен быть равен 40 *мм*. С наружных концов вставьте в соленоиды стерженьки *10* из мягкой стали диаметром 12 *мм* и длиной 10 *мм*. Эти стерженьки нужны для увеличения силы притяжения соленоидов. Они называются стопами.

Обмотки соленоидов соединяются, как показано на фиг. 46,*б*. Один общий провод от обеих катушек соленоидов идет к контакту реле времени, а от него — к электрической батарее. Два других вывода присоединены к соответствующим контактам распределителя (вправо — влево).

Крепить соленоиды к основанию броневика можно различно, например скобками или на стойках, но надо обратить серьезное внимание на то, чтобы оба соленоида находились на одной прямой, иначе будут перекосы и заедания. Дав сигнал поворота вправо или влево, мы можем наблюдать, на какой угол повернется модель броневика, и как только будет достигнут требуемый угол, мы прекращаем передачу радиосигнала, а тем самым и подачу тока в обмотку того или иного соленоида.

Сигнализационные приспособления

На телеуправляемых моделях можно установить световые (лампочки) и звуковые (сирены, гудки) сигнальные приспособления. Лампочки окрашиваются спиртовым лаком различных цветов. Разноцветные лампочки, укрепленные на телеуправляемой модели, выглядят очень красиво. Для целей сигнализации вполне достаточно лампочек от карманного фонаря. Ставить более мощные лампочки нецелесообразно, так как это вызовет быстрый разряд батареи, которая и так сильно нагружена. Свет от лампочек для карманного фонаря будет виден издали достаточно хорошо. Лам-

почки можно установить в различных местах телеуправляемой модели.

Контрольная лампочка, сигнализирующая о работе шагового распределителя, загорается каждый раз, когда распределитель выполняет переданные ему по радио приказания. Вспыхивание контрольной лампочки указывает на правильную работу не только самого распределителя, но и приемника радиосигналов.

Звуковые сигнализационные приспособления могут быть разнообразными. Можно, например, сделать гудок, состоящий из конусообразной трубки, в узком отверстии которой установлено электромагнитное устройство типа пищика. Пищик, описание которого приведено на стр. 14, придется немного переделать. Якорь этого пищика следует изготовить из тонкой стальной пластинки — в виде круглой мембраны, в центре которой необходимо укрепить контакт для регулировочного токоподводящего винта. Колебания мембраны будут создавать звуковые волны, которые усиливаются конусообразной трубкой-рупором.

Можно поставить на телеуправляемой модели сирену, приводимую в движение небольшим электродвигателем, и многие другие сигнализационные приспособления.

Можно также осуществить управление по радио фейерверком. Это будет очень эффектное зрелище. В устройстве для получения фейерверка можно применить электрозапал, а в качестве вспомогательного материала для поджигания бумажной трубочки с соответствующим пиротехническим составом можно применить вспышку магния, смешанного с небольшим количеством бертолетовой соли. При накаливании проволочки запального приспособления электрическим током сначала происходит вспышка магниевого порошка, который, в свою очередь, поджигает трубочку с пиротехническим составом для получения фейерверка.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Потребление электроэнергии радиолинией, электродвигателями, реле времени и т. д. будет зависеть от выбранного варианта аппаратуры телеуправления. Произведем примерный расчет потребления электроэнергии для одного из вариантов телеуправляемой модели.

Допустим, что мы хотим построить телеуправляемую модель броневика, выполняющую следующие команды:

1) «полный — вперед», 2) «средний — вперед», 3) «малый — вперед», 4) «стоп», 5) «малый — назад», 6) «средний — назад», 7) «полный — назад», 8) зажигание фар, 9) «влево», 10) «вправо», 11) сигнальная лампочка зеленого цвета, 12) гудок, 13) сигнальная лампочка красного цвета, 14—23) запасные контакты для различных других команд, 24) нулевой контакт.

Предположим, что мы выбрали в качестве реле выдержки времени биметаллическое реле и применили самодельный электродвигатель для приведения в движение модели мощностью на валу 3 *вт* (потребляемый ток при полной нагрузке 0,85 *а* при напряжении 12 *в*).

Радиоуправляемую модель можно питать от батареи сухих элементов или аккумуляторов. Лучше, конечно, пользоваться аккумуляторами, так как по израсходовании запасенной в них электрической энергии ее легко вновь восстановить посредством зарядки от постороннего источника тока.

Это обойдется значительно дешевле, чем замена использованных элементов новыми. Для выбора аккумуляторов нужно задаться временем их непрерывной (без подзарядки) работы.

Для того чтобы уменьшить вес аккумуляторов, а значит, и размеры модели броневика возьмем аккумуляторы такой емкости, чтобы их действия хватало без подзарядки на 6 час. непрерывной работы. В течение этого времени все механизмы работают поочередно, так как не имеет смысла одновременно включать соленоид левого и правого поворотов и не все время будут гореть лампочки. Приблизительно оценим время работы каждого механизма в течение одного часа. Допустим, что тяговой электродвигатель работает 50 мин., соленоиды поворотов — по 25 мин., 4 сигнальные лампочки — по 10 мин., реле времени и распределитель — по 40 мин. и т. д. Такое соотношение примерно и будет на практике.

Можно составить таблицу (табл. 2) расхода электроэнергии, требующейся для питания аппаратуры телеуправления и исполнительных механизмов.

Из табл. 2 видно, что для непрерывной 6-ти часовой работы модели потребуется батарея аккумуляторов напряжением 12 *в* и емкостью около 900 *а/мин*, т. е. около 15 *ач*.

Нить накала радиолампы СБ 258 (1,8 *в*) будем питать от половины последовательно соединенных элементов отдельной 4-вольтовой аккумуляторной батареи.

Таблица 2

Расход электроэнергии за 6 час. работы модели (ориентировочно)

Потребители тока	Количество (одновременно работающих), шт.	Потребляемый ток, *а*	Время потребления энергии, мин.	Количество ампер-минут
Тяговой электродвигатель	1	0,85	300	255
Реле управления двигателем	2	0,5	300	60
Соленоиды поворотов	2	0,5	300	60
Сигнальные лампочки	2 группы (по 3 последовательно)	1,0	240	240
Гудок	1	0,5	40	20
Распределитель	1	0,5	200	100
Реле времени (биметаллическое)	1	0,5	200	100
Всего . . .	—	—	—	835 ампер-минут

Расход энергии всякой другой модели можно подсчитать подобным же образом. Исходя из этих данных, можно подбирать источники питания, пользуясь каталогами Министерства промышленности средств связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монтаж источников питания и приборов радиоуправления на модели необходимо производить с учетом их равномерной нагрузки. На обе оси сухопутной модели нагрузка должна быть примерно одинаковой. Поэтому следует учесть вес всех приборов радиоуправления и источников питания, прежде чем монтировать аппаратуру на модели. Величина самой модели будет зависеть от примененной аппаратуры телеуправления, от ее размеров. При составлении конструктивных чертежей модели можно пользоваться таблицей весов и габаритных размеров аппаратуры телеуправления (табл. 3).

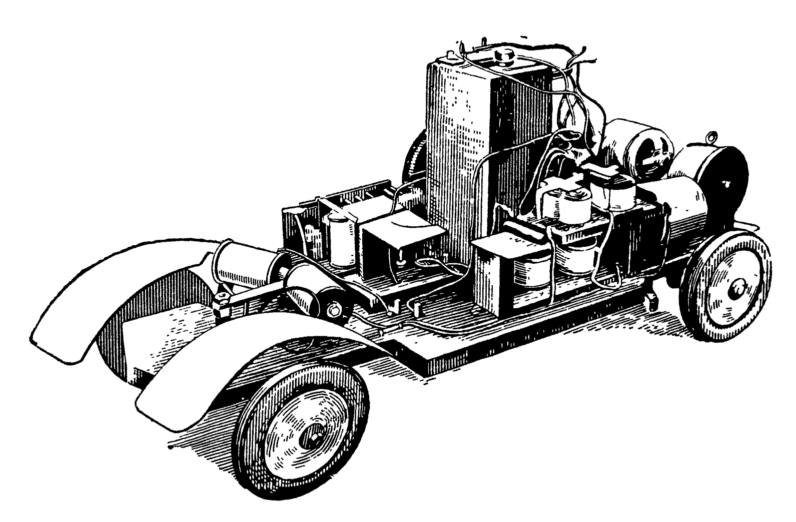
На фиг. 47 показано расположение приборов на модели, управляемой по радио.

В заключение можно пожелать читателю побольше экспериментировать и искать путей к дальнейшему улучшению

Таблица 3

Вес и размеры аппаратуры телеуправления

Наименование	Габаритные размеры, *мм*	Ориентировочный вес, *г*
Первичное реле	50×40×28	100—125
Приемное устройство радиолинии	95×60×75	100—110
Распределитель	60×45×30	75—80
Биметаллическое реле времени	65×10 (∅)	20—25
Электродвигатель	88×60 (∅)	800—1 000
Соленоиды рулевого управления	57×40 (∅)	150
Реле управления электродвигателем (блок из 8 реле)	176×30×18	100—125



Фиг. 47. Расположение приборов на модели.

и усовершенствованию моделей. Прежде всего нужно добиться уменьшения размеров и веса всех приборов, но не в ущерб надежности работы механизмов. Уменьшение размеров приборов связано с уменьшением тока питания, а это влечет за собой уменьшение размеров источников питания.

Описанные приборы управления можно установить на модели корабля, глиссера, электрического трамвая, дрезины и т. д. Двигатель можно взять не электрический, а бензиновый или паровой. Тогда не нужны будут аккумуляторы для питания тягового электродвигателя и можно будет ограничиться небольшими сухими батареями. Открывать вентиль паровой турбины или кран паровой машины можно электромагнитом. Наконец, в качестве движущей силы можно взять сжатый воздух или поставить реактивный двигатель. Здесь широкое поле деятельности для изобретательных моделистов. Постепенно совершенствуя модель и механизмы управления, можно достичь очень хороших результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Г. Костанди, Передатчики и приемники метровых волн, Радиоиздат, 1937.
2. А. Абрамов и П. Хлебников, Самодельные электрические и паровые двигатели, Детгиз, 1946.
3. Авдеев (С Клементьев), Модели, управляемые по радио, Детгиз ЦК ВЛКСМ, 1938.
4. А. А. Бескурников, Юный моряк-конструктор, Редиздат ЦС Осоавиахима СССР, 1941.
5. С. Д. Клементьев, Линкор, управляемый по радио, Детгиз, 1946.
6. С. Д. Клементьев, Радиоуправление моделями кораблей, ДОСАРМ, 1950.
7. В. Н. Логинов, Радиотелеуправление, Госэнергоиздат, 1950.

Данные кислотных аккумуляторов

Тип	Назначение	Число элементов в батарее	Номинальное напряжение, *в*	Емкость, *ач*	Режим 10-час. разряда: Сила тока, *а*	Емкость, *ач*	Конечное напряжение, *в*
40РАЭ-3	Для питания анодов ламп	40	80	3	0,1	2,5	72
10РАЭ-5	То же	10	20	5	0,16	4	18
10РАДАН-5	„ „	10	20	5	0,16	4	18
10РАДАН-10	„ „	10	20	10	0,32	8	18
РНП-60	Для питания нитей накала ламп	2	4	60	6,0	60	3,6
2РНП-40	То же	2	4	40	1	40	3,6
2РНП-60	„ „	2	4	60	6	60	3,6
2РНП-80	„ „	2	4	80	8	80	3,6
3РНЭ-40	„ „	3	6	40	4	40	5,4
3РНЭ-60	„ „	3	6	60	6	60	5,4
3РНЭ-80	„ „	3	6	80	8	80	5,4

Данные щелочных аккумуляторов

Тип	Число элементов в батарее	Номинальное напряжение, *в*	Нормальный 6-часовой режим заряда: Сила тока, *а*	Емкость, *ач*	Наименьшее напряжение заряженной батареи, *в*	Нормальный часовой режим разряда: Сила тока, *а*	Емкость, *ач*	Наименьшее напряжение в конце разряда, *в*
64АКН-2,25	64	80	0,56	3,36	83,2	0,28	2,25	64
2НКНК-45М	2	2,5	11,25	67,5	2,6	5,65	45	2
4НКН-45М	4	5,0	11,25	67,5	5,2	5,65	45	4
5НКН-45	5	6,25	11,25	67,5	5,2	5,65	45	5
6НКН-45	6	7,5	11,25	67,5	7,8	5,65	45	6
10НКН-45	10	12,5	11,25	67,5	13,0	5,65	45	10
5НКН-60	5	6,25	15,0	90,0	6,5	7,5	60	5
5НКН-100М	5	6,25	25,0	150,0	6,5	12,5	100	5
НКН-10	—	1,25	2,5	15,0	1,3	1,25	10,0	1
НКН-22	—	1,25	5,5	33,0	1,3	2,75	22,0	1
НКН-45	—	1,25	11,25	67,0	1,3	5,65	45	1
НКН-60	—	1,25	15,0	90,0	1,3	7,5	60	1
НКН-100	—	1,25	25,0	150,0	1,3	12,5	100	1

Цена 2 р. 50 к.